



⑬ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift

⑩ DE 196 35 890 A 1

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:

G 01 R 23/16

G 01 R 29/26

G 01 R 23/20

⑲ Aktenzeichen: 196 35 890.6

⑳ Anmeldetag: 4. 9. 98

㉑ Offenlegungstag: 13. 3. 97

DE 196 35 890 A 1

③② Unionspriorität: ③② ③③ ③①

08.09.95 JP 231662/95 08.09.95 JP 231678/95

08.09.95 JP 231691/95

⑦① Anmelder:

Advantest Corp., Tokio/Tokyo, JP

⑦④ Vertreter:

Hoffmann, E., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 82166 Gräfelfing

⑦② Erfinder:

Fukui, Takayoshi, Gyoda, Saitama, JP; Yamashita, Kouichi, Gyoda, Saitama, JP; Yamaguchi, Takahiro, Gyoda, Saitama, JP; Aoyama, Osamu, Iwatsuki, Saitama, JP; Kosuge, Takashi, Kumagaya, Saitama, JP; Miyamae, Yoshiaki, Saitama, JP; Kasahara, Toshiharu, Gyoda, Saitama, JP; Takaoku, Hiroaki, Kumagaya, Saitama, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Unter Einsatz eines Spektralanalysators durchgeführtes Meßverfahren

⑤⑦ Bei dem beschriebenen Meßverfahren wird zum Beispiel bei der Träger/Rauschverhältnis-Messung auf der Grundlage des Frequenzunterschieds  $f_{\text{tr}}$  (z. B. 40 kHz) zwischen einer Trägerwellenfrequenz  $f_{\text{tr}}$  und einer zu messenden Rauschfrequenz  $f_{\text{m}}$  und eines dynamischen Bereichs (oder eines Rauschpegels) (z. B. 100 dB) als Bandbreite RBW ein Parameter von 3 kHz eingesetzt, der einer Kurve entspricht, die nahe bei und links von einem Punkt A in einem Dynamikbereich/Frequenzunterschied-Kennliniendiagramm mit Bandbreiten RBW als Parameter liegt.

DE 196 35 890 A 1

DE 196 35 890 A1

1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Messen eines Störverhältnisses (Signal/Rausch-Verhältnis bzw. S/N-Verhältnis), eines Träger/Rauschverhältnisses (Verhältnis des Pegels der Trägerwelle bzw. des Trägersignals zum Pegel des Rauschens bei einer bestimmten Frequenz, bzw. C/N-Wert), einer Verzerrung dritter Ordnung und einer Verzerrung fünfter Ordnung bei einem Eingangssignal usw., wobei ein Spektralanalysator eingesetzt wird.

In Fig. 1 ist ein Beispiel des allgemeinen Aufbaus eines Spektralanalysators 15 dargestellt. Ein von einem Objekt 11 abgegebenes Ausgangssignal wird als ein Eingangssignal an den Spektralanalysator 15 angelegt. In dem Spektralanalysator 15 wird das Eingangssignal über ein einseitiges veränderbares Dämpfungsglied 16 an eine Frequenzmischstufe 17 angelegt und die Frequenz des Eingangssignals dann mit der Frequenz eines lokalen, von einem Wobbelfrequenzgenerator 18 erzeugten Signals gemischt. Das gemischte Ausgangssignal wird anschließend an ein Bandpaßfilter 19 angelegt, dessen Ausgangssignal durch einen Verstärker 21 verstärkt wird. Die Frequenz des verstärkten Ausgangssignals wird durch eine Frequenzmischstufe 22 mit der Frequenz eines von einem Überlagerungssoszillator 23 erzeugten lokalen Signals bzw. Überlagerungssignals gemischt. Anschließend wird das Zwischenfrequenzsignal durch ein Bandpaßfilter 24 herausgegriffen, dessen Ausgangssignal durch einen Detektor bzw. Demodulator 26 demoduliert wird. Das demodulierte Ausgangssignal wird durch ein Tiefpaßfilter 27 geleitet und anschließend durch einen Analog/Digital-Wandler (A/D-Wandler) 28 in ein digitales Signal umgewandelt und in einem Pufferspeicher 29 gespeichert. Ein Steuerabschnitt 31 ist durch eine Zentraleinheit CPU gebildet und bewirkt in Abhängigkeit von einem Parameter, der durch eine Parameterfestlegungseinrichtung 32 festgelegt ist, die Einstellung der Größe der durch das Dämpfungsglied 16 bewirkten Dämpfung und auch die Steuerung des Wobbelfrequenzgenerators 18 durch Steuerung eines Sägezahngenerators 34 mit Hilfe einer Zeitsteuereinrichtung 33. Der Steuerabschnitt (CPU) 31 bewirkt somit die Festlegung des Wobbelfrequenzbands, die Festlegung der Bandbreite RBW für jedes der Filter 19 und 24, die Festlegung der Bandbreite VBW für das Filter 27 und die Einstellung der Abtastperiode des Analog/Digital-Wandlers 28 und auch die Steuerung der Anzeige der Daten, die in dem Pufferspeicher 29 gespeichert sind, auf einer Anzeigeeinheit 35. Die Bezugszahl 20 in Fig. 1 bezeichnet einen Referenzsignal-Generator. In Fig. 1 bilden die Elemente 16-19, 21-23 ein Hochfrequenzteil und die Elemente 24, 26-29 und 55 ein Zwischenfrequenz-Analog/Digitalumsetzer-Teil.

Bei einem herkömmlichen System werden z. B. bei der Messung des Träger/Rauschverhältnisses eines kontinuierlichen Eingangssignals die Trägersignalfrequenz eines zu messenden Signals und eine Stör- bzw. Rauschfrequenz  $f_N$  deren Rauschpegel gegenüber dem Signal zu messen ist und die üblicherweise z. B. in Abhängigkeit von der Modulationsart eines Eingangssignals vorgegeben ist, mit Hilfe der Parameterfestlegungseinrichtung bzw. Parametereinstelleinrichtung 32 festgelegt. Es werden dann die Daten aus dem Speicher 29 ausgelesen und auf dem Bildschirm der Anzeigeeinheit 35 angezeigt wie es als Beispiel in Fig. 2A gezeigt ist. Darüber hinaus wird ein Verhältnis  $L_C/L_N$  zwischen den Daten (Pegel)  $L_C$  der Trägersignalfrequenz und den Daten (Pegel)  $L_N$

2

der Störfrequenz auf einem Teil des Bildschirms angezeigt, z. B. "C/N = 53 dBc/Hz" (C/N bezeichnet hierbei das Träger/Rauschverhältnis). Da sich hierbei der Rauschpegel  $L_N$  zufallsabhängig ändert, wird die Bandbreite VBW des Tiefpaßfilters 27 üblicherweise auf ein relativ schmales Band eingestellt, d. h. auf einen Wert, der bei 1/10 der Bandbreite RBW der Bandpaßfilter 19 und 24 liegt, so daß die gemessenen Rauschpegel gemittelt werden.

Wenn das Träger/Rauschverhältnis eines Eingangssignals unter Einsatz eines solchen Spektralanalysators gemessen wird, werden bei dem herkömmlichen System die nachfolgenden Arbeitsabläufe durchgeführt.

1. Durch Drücken einer Frequenztaaste wird eine Mittenfrequenz festgelegt.
2. Es wird ein Frequenzintervall (ein Offset- bzw. Versatzwert) zwischen einem zu messenden Signal (einem Trägersignal) und einem Rauschen bzw. einer Störung eingestellt.
3. Durch Drücken einer Frequenzbereichstaste wird eine Frequenzspanne bzw. ein Frequenzbereich (ein Frequenzintervall, das auf einem Anzeigebildschirm anzuzeigen ist) eingestellt.
4. Eine Spitze des Trägersignals bzw. der Trägerwelle wird mit der mittleren Frequenz des Bildschirms zur Übereinstimmung gebracht (Fig. 2A).
5. Der Pegel des Trägersignals wird mit einem Referenzpegel zur Übereinstimmung gebracht.
6. Eine Markierung wird mit Hilfe eines Spitzensuchvorgangs an einen Spitzenpunkt des Signals gebracht.
7. Eine Delta-Markierung wird als eine Markierung verwendet.
8. Die Delta-Markierung 38 wird mit der zu messenden Rauschfrequenz zur Übereinstimmung gebracht (Fig. 2A).
9. Eine Rauschmessung wird ausgewählt.
10. Ein angezeigter Wert des Rauschpegels wird gelesen.

Bei diesen Vorgängen werden dann, wenn ein Frequenzbereich eingestellt ist, eine Bandbreite RBW (üblicherweise ist die einstellbare Breite vorab festgelegt) der Bandpaßfilter 19 und 24 durch Versuch und Irrtum derart festgelegt, daß die Wellenformen des Signalabschnitts und des Rauschabschnitts exakt angezeigt werden.

Wenn durch den Spektralanalysator 15, der in Fig. 1 mit einer unterbrochenen Linie dargestellt ist, eine Kreuzmodulationsverzerrung gemessen wird, werden Testsignale mit der gleichen Amplitude, die Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  aufweisen und von Signalgeneratoren 12 bzw. 13 abgegeben werden, durch eine Leistungs-Zusammenfassungseinrichtung (power combiner) 14 zusammengefaßt bzw. überlagert und an das Objekt 11 angelegt, wonach eine durch das Objekt 11 erzeugte Kreuzmodulationsverzerrung gemessen wird.

Früher wurde die Messung einer Kreuzmodulationsverzerrung mit der nachstehend erläuterten Abfolge durchgeführt:

1. Eine Mittenfrequenz wird auf die Frequenz eines der Eingangssignale festgelegt, nämlich auf die Frequenz einer der beiden Grundwellen, auf denen die Kreuzmodulationsverzerrung basiert, d. h. auf ein Signal, das eine Frequenz  $f_1$  aufweist, bzw. auf ein Signal, das eine Frequenz  $f_2$  besitzt.

DE 196 35 890 A1

3

4

2. Ein Frequenzbereich des Eingangssignals, d. h. ein angezeigter Frequenzbereich, wird manuell durch Drücken einer Bereichstaste festgelegt.

3. Eine Auflösungsbandbreite RBW wird durch Drücken einer Bandbreitentaste eingestellt. Dies bedeutet, daß die Festlegung jeder Bandbreite RBW für die Bandpaßfilter 19 und 24 von automatischem Betrieb auf manuellen Betrieb umgeschaltet und dann die Auflösungsbandbreite RBW festgelegt wird. Der Grund für den manuellen Einstellvorgang besteht darin, daß das Spektrum einer Kreuzmodulationsverzerrung bei einer automatischen Festlegung der Auflösungsbandbreite RBW an dem Bodenabschnitt bzw. unteren Bereich des Eingangssignals auf Grund des niedrigen Pegels der Kreuzmodulationsverzerrung oder eines Einflusses der Bandpaßfilter 19 und 24 verborgen ist. In einem solchen Fall kann das Spektrum einer Kreuzmodulationsverzerrung nicht beobachtet werden.

4. Eine Verzerrung dritter Ordnung wird durch Drücken einer Taste TOI gemessen.

5. Die vorstehend erwähnten Vorgänge 1 bis 3 werden unter Veränderung der Einstellung der Auflösungsbandbreite RBW solange wiederholt, bis vier klare Spitzen auf dem Anzeigebildschirm erscheinen, d. h., bis, wie zum Beispiel in Fig. 2B gezeigt ist, vier klare Spitzen auftreten, nämlich die Spektren 41 und 42 der beiden Eingangssignale (Grundwellen), die jeweilige Frequenzen  $f_1$  bzw.  $f_2$  aufweisen, eine Verzerrung 43 dritter Ordnung mit einer Frequenz  $(2f_1 - f_2)$ , die durch eine Kreuzmodulation dieser beiden Eingangssignale erzeugt wird, und eine Verzerrung 44 dritter Ordnung mit einer Frequenz  $(2f_2 - f_1)$  auf dem Bildschirm erscheinen.

Wenn hierbei der Pegel der Grundwellen 41 und 42 an der Eingangsseite des eingangsseitigen Dämpfungsglieds 16 gleich  $L$  ist, wie es in Fig. 3A gezeigt ist, und der Pegelunterschied zwischen den Verzerrungen 43, 44 dritter Ordnung und den jeweiligen Grundwellen 41, 42 gleich  $\Delta L$  ist, beträgt die Verzerrungsgröße (Pegel) der Verzerrungen 43 und 44 dritter Ordnung  $L - \Delta L$ . Wenn das Ausmaß der Dämpfung durch das eingangsseitige Dämpfungsglied 16 gleich  $ATT$  ist, wie es in Fig. 3B dargestellt ist, ist der Pegel der Grundwellen 41 und 42 an der Ausgangsseite des eingangsseitigen Dämpfungsglieds 16 gleich  $L - ATT$ , und der Pegel der Verzerrungen 43 und 44 dritter Ordnung ist gleich  $L - (\Delta L + ATT)$ . Bei dem Spektralanalysator 15 ist es in den Erläuterungen klar angegeben, daß bei Anlegen einer Grundwelle, die einen Pegel von  $X$  dBm aufweist, an die Mischstufe 17 eine Verzerrung dritter Ordnung mit dem Wert  $(X - Y)$  dBm erzeugt wird. Aus den Eigenschaften der Generierung der Verzerrung dritter Ordnung (d. h. aus deren Generierungsprinzip) folgt, daß der Pegel der Verzerrung dritter Ordnung gleich  $Y + \Delta Y$  ist, wenn der Pegel der eingangsseitigen Grundwelle gleich  $X + \Delta X$  ist, wobei  $\Delta Y = 3 \Delta X$  ist. Dies bedeutet, daß die Verzerrung dritter Ordnung, die in der Mischstufe 17 hervorgerufen wird, auf den dreifachen Wert des Inkrements  $\Delta X$  des Pegels der eingangsseitigen Grundwelle vergrößert ist, d. h. auf  $3 \Delta X$ .

Wenn daher der Pegel der Grundwelle in dem eingangsseitigen Dämpfungsglied 16 um  $\Delta ATT$  abgeschwächt wird, wird jede Verzerrung dritter Ordnung um  $\Delta ATT$  abgeschwächt. Allerdings wird die in der Mischstufe 17 erzeugte Verzerrung dritter Ordnung um

$3 \times \Delta ATT$  verringert. Aus diesem Sachverhalt ergibt sich, daß die in der Mischstufe 17 erzeugte Verzerrung dritter Ordnung derart stark verringert wird, daß sie vernachlässigbar ist, wenn das Ausmaß der Dämpfung durch das eingangsseitige Dämpfungsglied 16 groß ist. Die Eingangs/Ausgangs-Kennlinie der Mischstufe 17 bezüglich der Grundwellen 41 und 42 ist durch eine gerade Linie 45 dargestellt (Fig. 4A). Wenn der Pegel der Grundwellen 41 und 42 klein ist und die Verzerrung dritter Ordnung, die in der Mischstufe 17 erzeugt wird, in einem vernachlässigbaren Bereich liegt, ist die Eingangs/Ausgangs-Kennlinie der Mischstufe 17 für die Verzerrungen 43 und 44 dritter Ordnung, die an die Mischstufe 17 angelegt werden, durch eine gerade Linie 46 dargestellt, deren Pegel um  $\Delta L$  niedriger ist als die Kennlinie 45 für die Grundwellen 41 und 42. Wenn aber der Pegel der Grundwellen 41 und 42 in gewissem Ausmaß groß bzw. höher ist, kann die in der Mischstufe 17 erzeugte Verzerrung dritter Ordnung nicht vernachlässigt werden, wobei die Kennlinie der Verzerrung dritter Ordnung, die in der Mischstufe 17 erzeugt wird, durch eine gerade Linie 47 angezeigt ist. Die Verzerrung dritter Ordnung, die an dem Ausgang der Mischstufe 17 auftritt, stellt die Summe aus der eingangsseitigen Verzerrung dritter Ordnung und der in der Mischstufe erzeugten Verzerrung dritter Ordnung dar. Die Summe läßt sich somit folgendermaßen wiedergeben:

$$10^{(L - (\Delta L + ATT))/10} + 10^{L/10}$$

Da die Verzerrung dritter Ordnung durch eine Summe von exponentiellen Funktionen dargestellt ist, wird, wie vorstehend erläutert, der Pegel der eingangsseitigen Verzerrungen 43 und 44 dritter Ordnung dominieren, wenn der eingangsseitige Pegel der Grundwellen 41 und 42 kleiner ist als ein Schnittpunkt 48 zwischen den geraden Linien 46 und 47, wohingegen die in der Mischstufe erzeugte Verzerrung dritter Ordnung dominierend wird, wenn der Eingangspegel der Grundwellen 41 und 42 größer ist als der Schnittpunkt 48. Gemäß Fig. 4A ist somit der Pegel der Verzerrungen 43 und 44 dritter Ordnung, die von dem Objekt 11 herrühren, in dem eingangsseitigen Pegelbereich  $W_1$  dominierend, wohingegen der Pegel der Verzerrung dritter Ordnung, die in der Mischstufe 17 erzeugt wird, in dem Eingangspegelbereich  $W_2$ , dessen Eingangspegel größer sind als die Eingangspegel in dem Eingangspegelbereich  $W_1$ , dominierend ist.

In dem Zustand, bei dem kein Einfluß durch die in der Mischstufe 17 erzeugte Verzerrung dritter Ordnung vorhanden ist, da das Ausmaß der durch das Dämpfungsglied 16 des Spektralanalysators bewirkten Dämpfung auf großen Wert eingestellt ist, läßt sich daher die Verzerrung dritter Ordnung, die durch das Objekt 11 bezüglich des Pegels der Grundwelle erzeugt wird, dadurch in Erfahrung bringen, daß der Pegel der Grundwelle und die Verzerrung dritter Ordnung gemessen werden.

Aus der vorstehend angegebenen Beziehung kann weiterhin ein hier als Abfangpunkt bezeichneter sogenannter "intercept point" in der nachstehend erläuterten Weise ermittelt werden. Wenn angenommen wird, daß die Verstärkung des Objekts 11 den Wert 1 hat, ist die Eingangs/Ausgangspegel-Kennlinie für die Grundwellen durch eine gerade Linie 45a in Fig. 4B angegeben. Auf der anderen Seite ist die Kennlinie der Verzerrung dritter Ordnung, die durch das Objekt 11 erzeugt wird, über den Grundwellen durch eine gerade Linie 46a an-

DE 196 35 890 A1

5

gezeigt. Wenn der Eingangspegel einer Grundwelle gleich  $I_p$  ist und wenn der Ausgangspegel gleich  $I_{01}$  ist, ist die gerade Linie 43a durch  $I_{01} = I_p$  repräsentiert. Wenn der Pegel der Verzerrung dritter Ordnung gleich  $I_{03}$  ist, ist die gerade Linie 46a durch  $I_{03} = 3I_p + a$  repräsentiert. Der Wert der Konstanten  $a$  läßt sich ermitteln, wenn in dem Spektralanalysator 15 die Kreuzmodulation, d. h. ein Grundwellenpegel  $I_p = I_{01}$ , in dem Bereich, in dem die durch den Mischer 17 erzeugte Verzerrung dritter Ordnung vernachlässigt werden kann, gemessen wird und der eingangsseitige Pegel  $I_{03}$  der Verzerrung dritter Ordnung gemessen wird, und anschließend  $I_p$  und  $I_{03}$  in die Gleichung der geraden Linie 46a eingesetzt werden. Der Schnittpunkt 49 der geraden Linien 43a und 46a wird üblicher Weise als "intercept point" bzw. Abfangpunkt bezeichnet und seine Koordinaten sind gegeben durch  $(I_{p1} + \Delta L/2, I_{01} + \Delta L/2)$ , wobei  $\Delta L = I_{01} - I_{03}$ ,  $I_{p1}$  und  $I_{01}$  Werte von  $I_p$  bzw.  $I_{03}$  bei  $I_{03} = 0$  sind und  $I_{01} = I_{p1}$ . Hierbei ergibt sich, daß die in dem Objekt 11 erzeugte Verzerrung dritter Ordnung umso kleiner ist, je größer der Koordinatenwert des Schnittpunkts 49 ist. Damit kann der Eingangspegelbereich für das Objekt 11 breiter ausgelegt werden.

Auf diese Weise wird die Größe der Dämpfung des eingangsseitigen Dämpfungsglieds bei dem herkömmlichen System manuell geändert, um zu ermitteln, ob ein Einfluß einer Kreuzmodulation auf Grund eines Frequenzmischers in dem Spektralanalysator vorhanden ist, und es wird eine Kreuzmodulationsverzerrung gemessen. Folglich kann die Kreuzmodulationsverzerrung nicht automatisch gemessen werden.

Dies bedeutet, daß das eingangsseitige Dämpfungsglied 16 dazu dient, ein Eingangssignal in einen gewünschten Pegelbereich zu bringen. Ein üblicher Spektralanalysator ist hierbei derart ausgelegt, daß das Ausmaß der Dämpfung seitens des eingangsseitigen Dämpfungsglieds in Schritten von 10 dB geändert werden kann. Eine solche Größe der Stufenänderung ist für den üblichen Spektralanalysator ausreichend. Bei dem herkömmlichen System wird dann, wenn sich der Pegel der Verzerrung dritter Ordnung nicht ändert, wenn die Größe der Dämpfung seitens des Dämpfungsglieds 16 um 10 dB geändert wird, der Pegel als der Pegel der eingegebenen Verzerrungen 43 und 44 dritter Ordnung eingesetzt. Anschließend wird der Unterschied gegenüber dem Pegel der eingangsseitigen Grundwelle als der Pegelunterschied  $\Delta L$  zwischen der eingangsseitigen Grundwelle und der eingangsseitigen bzw. eingegebenen Verzerrung dritter Ordnung beurteilt bzw. angenommen. Wenn bei einer solchen Vorgehensweise das Ausmaß der Dämpfung in Schritten von 10 dB geändert wird, stehen lediglich ein oder zwei Meßpunkte zur Verfügung, die nicht durch eine interne Verzerrung dritter Ordnung (eine Verzerrung dritter Ordnung seitens der Mischstufe) beeinflusst sind. Darüber hinaus ist es schwierig, sicherzustellen, daß diese Meßpunkte tatsächlich nicht durch eine interne Verzerrung dritter Ordnung beeinflusst sind. Folglich kann der Pegel der Verzerrung dritter Ordnung in manchen Fällen nicht exakt gemessen werden.

Zudem wird die Auflösungsbandbreite, d. h. die Änderung der Bandbreite von jedem der Bandpaßfilter 19 und 24, manuell eingestellt. Ferner wird diese Einstellung und auch die Einstellung einer eingangsseitigen Dämpfungsgröße durch Versuch und Irrtum durchgeführt. Da sich diese Einstellung der Bandbreite und die Einstellung der Dämpfungsgröße bei der Anzeige von Spektren gegenseitig beeinflussen, ist es sehr schwierig,

6

eine geeignete bzw. korrekte Auflösungsbandbreite RBW festzulegen.

Ferner wird bei einem herkömmlichen System eine Bandbreite VBW des Tiefpaßfilters 27 auf einen kleinen Wert eingestellt, damit der Störungs- bzw. Rauschpegel so genau wie möglich in Erfahrung gebracht werden kann. Auf der anderen Seite läßt sich die Meßzeit, d. h. die Frequenzwobbelzeit  $T_s$ , durch die nachstehende Gleichung wiedergeben, wobei die Frequenzspanne bzw. der Frequenzbereich (ein Frequenzintervall für die Messung) gleich  $S_{\text{pan}}$  (Hz) ist.

$$T_s = S_{\text{pan}} (\text{Hz}) / [\text{RBW} (\text{Hz}) \times \min(\text{RBW}, \text{VBW}) (\text{Hz}) \times 0.5] (\text{sec}) \quad (1).$$

In diesem Fall bezeichnet  $\min(\text{RBW}, \text{VBW})$  den kleineren Wert von RBW und VBW. Da, wie zuvor erwähnt, VBW auf den Wert  $\text{VBW} = \text{RBW}/10$  eingestellt ist, hat die Meßzeit  $T_s$  den Wert  $T_s \approx 10 \times S_{\text{pan}} / (\text{RBW})^2 \times 0.5$  (sec). Folglich ergibt sich das Problem, daß die Meßzeit relativ lang ist.

Da weiterhin ein Spektrum gemäß der Darstellung in Fig. 2A angezeigt wird, wird Rauschen an einem Frequenzpunkt  $f_N$  angezeigt. Auch wenn der Rausch- bzw. Störungspegel nach oben und unten schwankt, wird der Rauschpegel als ein annähernd konstanter Pegel auf Grund der Integrierung bzw. Aufsummierung durch das Tiefpaßfilter 27 und der durch die Anzeigeeinheit 35 bewirkten integrierenden Anzeigewirkung dargestellt. Daher läßt sich der sich zufällig verändernde Rauschpegel nicht in Erfahrung bringen.

Bei einer Messung, bei der ein Spektralanalysator eingesetzt wird, wird die Auflösungsbandbreite RBW üblicherweise durch Versuch und Irrtum eingestellt, wenn eine Wellenform in einer Frequenzregion angezeigt wird.

Auch andere Parameter als RBW, nämlich die Bandbreite VBW des Tiefpaßfilters 27, die Mittenfrequenz auf dem Anzeigebildschirm und der Frequenzbereich (bzw. die Frequenzspanne), der auf dem Anzeigebildschirm anzuzeigen ist, werden manuell eingestellt. Folglich werden bei einem herkömmlichen System verschiedene Parameter in dem Spektralanalysator manuell festgelegt. Insbesondere wird die Bandbreite RBW, durch die die Auflösung bestimmt wird, durch Einstellung von verschiedenen Parametern mittels Versuch und Irrtum eingestellt. Daher wird für die Einstellung relativ lange Zeit benötigt und es ist der Einstellvorgang mühsam. Darüber hinaus wird bei dem herkömmlichen System der Signal/Stör-Wert bzw. das Signal/Störverhältnis nicht durch einen Spektralanalysator gemessen. Es besteht daher ein Bedürfnis nach einer S/N-Messung bzw. einer Signal/Störverhältnismessung.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein mit Hilfe eines Spektralanalysators durchgeführtes Meßverfahren zum automatischen Einstellen von Parametern wie etwa einer Durchlaßbandbreite usw. auf geeignete Werte zu schaffen.

Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein mittels eines Spektralanalysators durchgeführtes Meßverfahren zu schaffen, bei dem eine Rausch- bzw. Störungsmessung in relativ kurzer Zeit und exakt durchgeführt werden kann.

Ferner soll mit der vorliegenden Erfindung ein mit Hilfe eines Spektralanalysators durchzuführendes Meßverfahren geschaffen werden, bei dem eine Kreuzmodulationsverzerrung automatisch gemessen werden kann.

In Übereinstimmung mit einem ersten Gesichtspunkt

## DE 196 35 890 A1

7

der vorliegenden Erfindung wird eine Auflösungsbandbreite RBW an Hand eines Frequenzintervalls einer angezeigten Wellenform eines Eingangssignals ermittelt und in einem Bandpaßfilter derart eingestellt, daß eine beziehungs-mäßige Charakteristik zwischen einem Frequenzintervall einer anzuzeigenden Wellenform und einem dynamischen Bereich eines Störungspegels oder eines Eingangssignals erfüllt ist, wobei die beziehungs-mäßige Charakteristik Parameter von Durchlaßbandbreiten RBW eines Bandpaßfilters zum Herausgreifen eines frequenzumgewandelten Signals in einem Spektralanalysator enthält.

Eine Bandbreite VBW eines Tiefpaßfilters, an das ein Ausgangssignal eines Detektors in dem Spektralanalysator angelegt wird, wird auf ein Zehntel der ermittelten Bandbreite RBW eingestellt.

Bei einer S/N-Messung bzw. Störabstandsmessung wird ein Intervall zwischen einer Mittenfrequenz eines Signalabschnitts und einer Endfrequenz eines Rauschabschnitts als ein Frequenzintervall einer angezeigten Wellenform definiert. Bei einer C/N-Messung bzw. Träger/Rauschverhältnismessung wird ein Intervall zwischen einer Trägerwellenfrequenz eines Eingangssignals und einer zu messenden Rauschfrequenz als ein Frequenzintervall einer angezeigten Wellenform definiert. Bei einer Messung der Kreuzmodulationsverzerrung wird ein Intervall zwischen der Frequenz einer Grundwelle und einer Frequenz einer Kreuzmodulationswelle, die der Frequenz der Grundwelle benachbart ist, als ein Frequenzintervall einer angezeigten Wellenform definiert.

In Übereinstimmung mit einem zweiten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird eine Spektralwellenform eines Eingangssignals auf einem halben Abschnitt eines Anzeigebildschirms angezeigt, wohingegen Störungspegel bei einer Frequenz, die mit dem Eingangssignal verknüpft ist, auf dem anderen halben Abschnitt des Bildschirm in einem Zeitbereich dargestellt werden.

In diesem Fall wird die Bandbreite VBW des Tiefpaßfilters nahezu gleich groß wie die Bandbreite RBW des Bandpaßfilters eingestellt.

In Übereinstimmung mit einem dritten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird die Größe der eingangsseitigen Dämpfung um einen vorbestimmten Wert erhöht und eine Kreuzmodulationsverzerrung zu diesem Zeitpunkt gemessen (erster Schritt). Danach wird die Größe der eingangsseitigen Dämpfung um einen infinitesimalen Wert geändert, der ausreichend kleiner als der vorbestimmte Wert ist, und es wird die Kreuzmodulationsverzerrung zu diesem Zeitpunkt gemessen (zweiter Schritt). Danach wird die Größe einer Differenz zwischen der bei dem zweiten Schritt gemessenen Kreuzmodulationsverzerrung und der bei dem ersten Schritt gemessenen Kreuzmodulationsverzerrung ermittelt (dritter Schritt).

Anschließend werden der erste Schritt bis dritte Schritt so lange wiederholt, bis die Größe des Unterschieds gleich groß wie oder kleiner als ein vorbestimmter Wert wird (vierter Schritt). Wenn die Größe des Unterschieds gleich groß wie oder kleiner als der vorbestimmte Wert ist, wird die zu diesem Zeitpunkt gemessene Kreuzmodulationsverzerrung als eine Kreuzmodulationsverzerrung in einem Eingangssignal bestimmt (fünfter Schritt).

Es wird der Pegel einer Grundwelle, der zum Zeitpunkt der Ermittlung der Kreuzmodulationsverzerrung erhalten wird, gemessen (sechster Schritt).

8

Danach wird ein Schnittpunkt zwischen einer geraden Linie, die die Kennlinie der Änderung der Kreuzmodulationsverzerrung darstellt und durch den Punkt der Kreuzmodulationsverzerrung, der bei dem fünften Schritt erhalten wurde, hindurchgeht sowie auf einer Änderung des Pegels einer Grundwelle basiert, und einer geraden Linie ermittelt, die die Kennlinie der Änderung des Ausgangspegels einer Grundwelle darstellt und durch den Punkt des Grundwellenpegels, der bei dem sechsten Schritt erhalten wurde, hindurchgeht sowie auf einer Änderung des Pegels der Grundwelle basiert. Dieser Schnittpunkt wird dann als Abfangpunkt ("intercept point") festgelegt.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert.

Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild, in dem ein Beispiel einer allgemeinen Gestaltung eines Spektralanalysators dargestellt ist.

Fig. 2A zeigt eine Darstellung eines Beispiels der Anzeige einer Spektralwellenform bei einer Träger/Rausch-Messung.

Fig. 2B zeigt eine Darstellung eines Beispiels einer Anzeige einer Spektralwellenform bei der Messung einer Kreuzmodulationsverzerrung.

Fig. 3A zeigt eine Darstellung, in der eine Beziehung zwischen dem Pegel einer Grundwelle und dem Pegel einer Verzerrung dritter Ordnung dargestellt ist.

Fig. 3B zeigt eine Darstellung, in der eine Beziehung zwischen den Pegeln gezeigt ist, die sich ergibt, wenn die Größe einer eingangsseitigen Dämpfung ausgehend von dem Zustand gemäß Fig. 3A um ATT vergrößert wird.

Fig. 4A zeigt eine Darstellung einer Eingangs/Ausgangs-Kennlinie einer Frequenzmischstufe für eine Grundwelle und eine Verzerrung dritter Ordnung.

Fig. 4B zeigt ein Schaubild zur Erläuterung eines Abfangpunkts.

Fig. 5A zeigt ein Schaubild, in dem ein Beispiel einer Anzeige einer Spektralwellenform bei einer Störabstandsmessung dargestellt ist.

Fig. 5B zeigt ein Schaubild, in dem ein Beispiel für eine Anzeige dargestellt ist, bei der eine Spektralwellenform in der linken Hälfte eines Bildschirms angezeigt wird und der Zustand der Änderung des Rauschens auf einer Zeitachse in der rechten Hälfte des Bildschirms dargestellt wird.

Fig. 6A zeigt ein Schaubild, in dem Kennlinien für ein Frequenzintervall einer angezeigten Wellenform und einem Störungspegel (einem eingangsseitigen dynamischen Bereich) dargestellt sind, wobei die Kennlinien als Parameter Bandbreiten RBW eines Bandpaßfilters enthalten.

Fig. 6B zeigt ein Schaubild, in dem eine meßbare Region in dem Kennliniendiagramm gemäß Fig. 6A dargestellt ist.

Fig. 7 zeigt ein Ablaufdiagramm, in dem ein Ablauf einer Störabstandsmessung gezeigt ist.

Fig. 8A zeigt eine Darstellung eines Beispiels eines Burstwellen-Eingangssignals.

Fig. 8B zeigt eine Darstellung eines Triggersignals, das mit einer Burstwelle synchronisiert ist.

Fig. 8C zeigt ein Schaubild eines Torsteuersignals für die Signalgewinnung.

Fig. 8D zeigt eine Darstellung eines Beispiels einer Burstwelle auf einem Anzeigebildschirm und ein Beispiel eines Signalgewinnungsbereichs.

Fig. 9 zeigt ein Ablaufdiagramm, in dem eine Steuerabfolge zur Steuerung der Größe einer eingangsseitigen

## DE 196 35 890 A1

9

10

Dämpfung für die Ermittlung eines Abfangpunkts dargestellt ist, und

Fig. 10 zeigt ein Gesamtablaufdiagramm für ein mit Hilfe eines Spektralanalysators durchzuführendes Meßverfahren.

Bei einer Messung mit Hilfe eines Spektralanalysators muß ein Parameter für jeden Abschnitt, wie etwa eine Bandbreite, korrekt eingestellt werden. Daher wird zunächst ein Ausführungsbeispiel erläutert, bei dem die vorliegende Erfindung bei der automatischen Einstellung der Parameter für eine Störabstandsmessung (S/N-Messung) eingesetzt wird. Die grundlegende Hardware-Gestaltung ist die gleiche wie diejenige, die in Fig. 1 gezeigt ist. Bei der Störabstandsmessung wird eine Wellenform in einer Frequenzregion, wie sie z. B. in Fig. 5A gezeigt ist, auf einem Anzeigebildschirm einer Anzeigeeinheit 35 (Fig. 1) angezeigt. In diesem Fall werden wie bei dem herkömmlichen System eine minimale Frequenz  $f_{st}$  und eine maximale Frequenz  $f_{sh}$  eines zu messenden Signalabschnitts sowie eine maximale Frequenz  $f_{NH}$  und eine minimale Frequenz  $f_{NL}$  eines Rauschabschnitts bzw. Störungsabschnitts manuell eingestellt.

**Bestimmung einer zentralen Frequenz bzw. Mittenfrequenz:**

Bei dem in Fig. 1 gezeigten Spektralanalysator liest der Steuerabschnitt 31 Spektraldaten aus dem Pufferspeicher 29 aus und ermittelt eine Frequenz  $f_c$ , die den größten Wert unter den gelesenen Daten aufweist. Diese Frequenz wird als eine zentrale Frequenz bzw. Mittenfrequenz bestimmt. Diese zentrale Frequenz  $f_c$  wird in dem Parameterwertspeicher 36 gespeichert. Falls eine zentrale Frequenz oder eine Trägersignalfrequenz eines von dem Objekt 11 abgegebenen Signals bekannt ist, kann die Frequenz manuell als die zentrale Frequenz  $f_c$  eingestellt werden. Wenn eine zentrale Frequenz  $f_c$  bestimmt ist, wird das Eingangssignal erneut derart gewonnen, daß die zentrale Frequenz in der Mitte des Anzeigebildschirms angezeigt wird, und wird in dem Pufferspeicher 29 gespeichert.

**Bestimmung einer Frequenzspanne bzw. eines Frequenzbereichs:**

Ein Frequenzintervall ( $f_{NH} - f_c$ ) zwischen einer Endfrequenz eines zu messenden Störungsabschnitts (ein Frequenzband), z. B.  $f_{NH}$ , und der zentralen Frequenz  $f_c$  (Frequenz bei dem Spitzenwert) ist bereits manuell als ein Offset-Wert bzw. Versatzwert  $f_{of}$  festgelegt, und es wird der dreifache Wert dieses Offset-Werts, d. h.  $3f_{of}$ , als Frequenzbereich definiert. Dieser Frequenzbereich wird in dem Parameterwertspeicher 36 gespeichert.

#### Bestimmung von RBW

**Bestimmung der Durchlaßbandbreite für die Bandpaßfilter 19 und 24:**

Ein Frequenzintervall einer anzuzeigenden Wellenform ist ein Offset-Wert  $f_{of}$ , und es wird eine Bandbreite RBW derart bestimmt, daß ein Bodenabschnitt bzw. unterer Abschnitt des Spektrums des Signalabschnitts den zu messenden Störungsabschnitt bzw. Rauschabschnitt nicht beeinflusst. Diese Bandbreite RBW wird auf der Stelle, d. h. unmittelbar aus Fig. 6A ermittelt, in der die beziehungsmaßige Eigenschaften bzw. Kennlinien zwischen einem dynamischen Bereich und einem Offset-Wert gezeigt sind, wobei als Parameter die Bandbreite RBW dient. Dies bedeutet, daß in Fig. 6A eine Grenze dargestellt ist, bei der sich ein Meßobjekt, d. h. ein bodenseitiger bzw. unterer Abschnitt des Spektrums des

Signalabschnitts, auf Grund des Einflusses der Filter 19 und 24 nicht mit dem Störungsabschnitt überlappt. Die Werte auf der vertikalen Achse zeigen die Störungspegel an, wenn der Spitzenwert des Signalabschnitts gleich 0 dB ist. Daher ist ein Absolutwert der vertikalen Achse ein dynamischer Bereich. Wenn ein dynamischer Bereich und ein Offset-Wert  $f_{of}$  gegeben sind, wird aus den Kennlinien, die dem durch den dynamischen Bereich und den Offset-Wert bestimmten Punkt benachbart sind, die kleinere Bandbreite RBW ausgewählt. Hierbei ist die Anzahl von Bandbreiten für die Auswahl hinsichtlich des Spektralanalysators vorab bestimmt. Wenn z. B. ein Störungspegel gleich -100 dBc/Hz ist, d. h. der dynamische Bereich gleich 100 ist, und der Offset-Wert  $f_{of}$  gleich 40 kHz ist, ist in der Figur ein Punkt A bestimmt. Eine Bandbreite der Kennlinie mit 3 kHz, die auf der linken Seite des Punkts A gemäß der Figur angeordnet ist, wird als eine Bandbreite RBW ausgewählt. Auch wenn die Bandbreite kleiner als 3 kHz ist, tritt kein Problem einer Spektrumsüberlappung auf, jedoch wird die Frequenzwobbelzeit (Meßzeit) lang. Daher wird eine Bandbreitenkurve bzw. die Bandbreite einer Kennlinie ausgewählt, die dem Punkt A benachbart und auf der linken Seite des Punkts A angeordnet ist.

**Bestimmung des dynamischen Bereichs:**

Wenn der dynamische Bereich groß ist, d. h. wenn der Störungs- bzw. Rauschpegel klein ist, wird durch den Einfluß der Frequenzmischstufen 17 und 22 in dem Spektralanalysator ein Störsignal oder eine Verzerrung erzeugt. Üblicherweise wird die Grenze für den Wert des maximalen dynamischen Bereichs (den Wert des minimalen Störpegels), bei dem eine solche Verzerrung oder ein Störsignal nicht hervorgerufen wird, bereits vorab durch eine Messung ermittelt. Diese Grenze wird in dem Spektralanalysator mit einem hinzuaddierten Randwert gespeichert. Dieser Grenzwert ist z. B. in Fig. 6A durch eine als unterbrochene Linie dargestellte Kurve angezeigt. Die meßbare Region ist die Region oberhalb dieser durch die unterbrochene Linie dargestellten Kurve in Fig. 6A. Wenn z. B. der Offset-Wert gleich 40 kHz ist, muß ein dynamischer Bereich bei 40 kHz kleiner sein als ein Wert von 113 dB (Punkt B) auf der durch die unterbrochene Linie dargestellten Kurve. Dies bedeutet, daß der Rauschpegel größer sein muß als -113 dBc/Hz.

Wenn die Bandbreite RBW groß ist, wird der Störpegel groß und der dynamische Bereich klein. Wenn der Pegel der in dem Spektralanalysator erzeugten Störungen gleich  $N_s$  ist und die Größe der Dämpfung durch das eingangsseitige Dämpfungsglied 16 gleich ATT ist (üblicherweise ein negativer Wert), kann der Störpegel NL durch die nachstehend angegebene Gleichung wiedergegeben werden:

$$NL = N_s + 10 \log(RBW) + ATT.$$

Wenn der maximal eingebare Signalpegel gleich SL ist, ist die Maßgrenze gleich  $SL - NL$ . Diese Grenzlinie ist in dem Kennliniendiagramm gemäß Fig. 6B, das die Störpegel-Offsetwert-Kennlinien wiedergibt, durch eine unterbrochene Doppelpunkt-Linie 101 angezeigt. Falls der absolute Wert des dynamischen Bereichs größer ist als die Grenze, wird ein Signal verzerrt oder es kann eine Signalspitze auf dem Bildschirm nicht angezeigt werden. Daher ist ein dynamischer Bereich DR in folgender Weise definiert:

$$DR < SL - N_s - 10 \log(RBW) - ATT.$$

## DE 196 35 890 A1

11

12

In Fig. 6B sind mit geneigten Linien Einstellwerte für die Bandbreite RBW und die Einstellregion für die Einstellung des dynamischen Bereichs angezeigt (auf der vertikalen Achse sind Störpegelwerte aufgetragen, die die zum dynamischen Bereich invertierten Werte darstellen), wie sie sich aus dieser Gleichung ergeben. Wenn ein intern erzeugter Störpegel  $N_s$  vergrößert wird, wird auch der Grenzwert vergrößert. Daher bewegt sich die unterbrochene Doppelpunkt-Linie 101, die die Störpegelgrenze anzeigt, nach oben. Wenn  $N_s$  verringert wird, wird der Grenzwert verringert und es bewegt sich die unterbrochene Doppelpunkt-Linie 101, die die Grenze des Störpegels anzeigt, nach unten. Die Region zur Einstellung des dynamischen Bereichs für die Offset-Werte  $f_{of}$  ist in Fig. 6B durch geneigte Linien angezeigt. Der dynamische Bereich kann innerhalb dieser Region eingestellt werden. Wenn der dynamische Bereich in dieser Region festgelegt wird, wird der Wert für RBW sofort bestimmt.

Der in der vorstehend beschriebenen Weise erhaltene Wert von RBW wird ebenfalls in dem Parameterwertspeicher 36 gespeichert. Es ist anzumerken, daß die in Fig. 6A gezeigten Kennlinien bereits vorab in dem Spektralanalysator gespeichert sind.

Ein Grenzwert der Bandbreite VBW des Tiefpaßfilters (Videofilter) 27 ist anhand eines experimentellen Gesetzes bzw. anhand von Untersuchungen durch VBW = RBW/10 repräsentiert. Weiterhin ist das eingangsseitige Dämpfungsglied 16 derart gesteuert, daß ein Referenzpegel so festgelegt wird, daß der maximale Spitzenwert mit dem oberen Ende des Anzeigebildschirms übereinstimmt. Diese Bandbreite VBW und der Referenzpegel werden ebenfalls in dem Parameterwertspeicher 36 gespeichert.

Nachdem die verschiedenen Parameter in der vorstehend beschriebenen Weise automatisch festgelegt worden sind, werden diese Parameterwerte durch den Steuerabschnitt 31 in den jeweils entsprechenden Abschnitten eingestellt. Darüberhinaus wird die Wobbelzeit  $T_s$  durch eine Berechnung gemäß der Gleichung (1), die in der Beschreibungseinleitung angegeben ist, bestimmt und eingestellt, das heißt durch eine Berechnung gemäß der Formel: Frequenzbereich(Hz)/(RBW(Hz) × min(RBW, VBW)(Hz) × 0,5) (sec) ermittelt. Der Ausdruck min(RBW, VBW) repräsentiert den kleineren Wert von RBW und VBW.

Im Anschluß hieran wird ein Eingangssignal gewonnen und in dem Pufferspeicher 29 gespeichert. Danach wird aus dem Pufferspeicher 29 eine Vielzahl von Daten zwischen der minimalen Frequenz  $f_{SL}$  und der maximalen Frequenz  $f_{SH}$  eines Signalabschnitts ausgelesen. Alle Pegelwerte (lineare Werte, das heißt keine dB) werden anschließend aufsummiert. Der aufsummierte Wert wird durch die Anzahl von Daten geteilt. Unter der Annahme, daß das Spektrum des Divisionsergebnisses  $G_s$  über das gesamte Signalband hinweg gleichförmig verteilt ist, wird die nachstehende Berechnung durchgeführt und ein Pegel  $L_s$  des Signalabschnitts erhalten:

$$L_s = 10 \log G_s + 10 \log ((f_{SH} - f_{SL}) / (1,2 \times RBW)) + 2,5.$$

Der Grund für die Multiplikation von RBW mit 1,2 ist die Erzielung einer Kompensation auf der Grundlage der Gauss'schen Eigenschaften der Bandpaßfilter 19 und 24. Der Grund für die Addition von 2,5 ist die Erreichung einer Kompensation einer Pegelverringung aufgrund einer logarithmischen Verstärkung, die in einer vorhergehenden Stufe des Detektors 26 durchge-

führt wird. Eine Vielzahl von Daten in einem Frequenzband zwischen der minimalen Frequenz  $f_{NL}$  eines Rauschbands und der minimalen Frequenz  $f_{SL}$  eines Signalabschnitts, sowie in einem Frequenzband zwischen der maximalen Frequenz  $f_{SH}$  des Signalabschnitts und der maximalen Frequenz  $f_{NH}$  des Rauschbands werden aus dem Pufferspeicher 29 ausgelesen, wonach alle diese Pegelwerte (lineare Werte) summiert werden. Die aufsummierten Daten werden durch die Anzahl der Daten dividiert. Unter der Annahme, daß der spektrale Pegel des Divisionsergebnisses  $G_N$  über die gesamten Rauschbänder hinweg gleichförmig verteilt ist, wird die nachfolgende Berechnung durchgeführt und ein Pegel  $L_N$  eines Rauschabschnitts bzw. Störungsabschnitts erhalten:

$$L_N = 10 \log G_N + 10 \log ((f_{SL} - f_{NL} + f_{NH} - f_{SH}) / (1,2 \times RBW)) + 2,5.$$

Es wird dann  $L_s/L_N$  als gemessener S/N-Wert bzw. Signal/Rauschverhältnis berechnet und auf dem Anzeigebildschirm angezeigt.

In Fig. 7 ist ein Ablaufdiagramm für die vorstehend erläuterte Meßfolge gezeigt.

Hierbei werden die Frequenzen zur Definierung eines Signalabschnitts und eines Rauschabschnitts festgelegt und eingegeben (Schritt  $S_1$ ). Zu diesem Zweck stehen die beiden folgenden Fälle zur Verfügung, nämlich eine manuelle Festlegung einer Trägerwellenfrequenz  $f_c$  und eine Vorgehensweise, bei der Daten gewonnen werden und dann der maximale Spitzenwert der Daten als eine Trägerwellenfrequenz definiert wird. Hinsichtlich der Frequenzen zur Definition eines Störungs- bzw. Rauschabschnitts können  $f_{NL}$  und  $f_{NH}$  automatisch durch Eingabe einer Modulationsart (Modulationsmodus) bestimmt werden. Danach wird  $f_c$  als eine Mittenfrequenz eines Hubs bzw. Wobbelvorgangs definiert (Schritt  $S_2$ ). Daten werden erneut derart gewonnen, daß  $f_c$  in der Mitte des Anzeigebildschirms angeordnet ist (Schritt  $S_3$ ). Eine Frequenzspanne bzw. ein Frequenzbereich wird zum Beispiel als das Dreifache von  $(f_{NH} - f_c)$  festgelegt (Schritt  $S_4$ ). Es werden eine Bandbreite RBW des Bandpaßfilters und ein dynamischer Bereich bestimmt (Schritt  $S_5$ ). Eine Bandbreite VBW des Tiefpaßfilters wird bestimmt (Schritt  $S_6$ ). Ein Referenzpegel wird festgelegt (Schritt  $S_7$ ). Eine Wobbelzeit wird festgelegt (Schritt  $S_8$ ). Jeder der zuvor bestimmten Parameter wird in einem entsprechenden Abschnitt eingestellt (Schritt  $S_9$ ). Daten werden gewonnen (Schritt  $S_{10}$ ). Ein durchschnittlicher Signalpegel  $L_s$  wird unter Heranziehung der gewonnenen Daten berechnet (Schritt  $S_{11}$ ). Ein durchschnittlicher Störungspegel bzw. Rauschpegel  $L_N$  wird berechnet (Schritt  $S_{12}$ ). Anschließend wird  $L_s/L_N$  berechnet und angezeigt (Schritt  $S_{13}$ ).

Eine automatische Parametereinstellung wird in gleichartiger Weise auch im Fall der S/N-Messung (Signal/Rausch-Messung) einer Burstwellen vorgenommen. In diesem Fall wird zur Gewinnung lediglich einer zentralen Frequenzkomponente bzw. Mittenfrequenzkomponente eines Eingangssignals eine Signalgewinnung durch Festlegung der Wobbelfrequenz durchgeführt. Das gewonnene Signal wird aus dem Pufferspeicher 29 zur Erzeugung eines Triggersignals 51 ausgelesen (Fig. 8B), das mit dem eingegebenen Burstsignal, das in Fig. 8A gezeigt, synchronisiert ist. Auf dem Anzeigebildschirm wird gemäß der Darstellung in Fig. 8D eine Burstwellenform 52 im Zeitbereich unter Heranziehung dieses Triggersignals 51 angezeigt. Ein zu messender



## DE 196 35 890 A1

13

Bereich 53 wird durch eine Markierung an der angezeigten Wellenform 52 spezifiziert. Ein Torsteuersignal 54 wird in Übereinstimmung mit dem spezifizierten Bereich gemäß der Darstellung in Fig. 8C erzeugt. Ein Schalter 55, der in einer nachfolgenden Stufe des in Fig. 1 gezeigten Detektors 26 eingefügt ist, wird in den Einschalt- oder Ausschaltzustand gesteuert und es werden Daten während des Torsteuersignals 54 gewonnen. Eine Wiederholperiode  $T_r$  und eine Impulsbreite  $T_w$  dieses Burstsignals sind dem Benutzer bereits vorab bekannt. Der Vorgang der Eingabe der Frequenzen  $f_{NL}$  und  $f_{NH}$ , die ein Meßband anzeigen, und der Frequenzen  $f_{SL}$  und  $f_{SH}$ , die einen Signalabschnitt anzeigen, ist der gleiche wie derjenige bei der S/N-Messung eines kontinuierlichen Signals. Eine automatische Einstellung von verschiedenartigen Parametern wird in der gleichen Weise wie bei der S/N-Messung eines kontinuierlichen Signals durchgeführt, mit der Ausnahme, daß die Bandbreite VBW des Tiefpaßfilters 27 derart festgelegt ist, daß sie  $1/T_G$  ist ( $T_G$  bezeichnet die Impulsbreite des Torsteuersignals 54).

Nachfolgend wird ein Fall beschrieben, bei dem die vorliegende Erfindung bei einer sogenannten C/N-Messung bzw. Träger/Rauschverhältnismessung eingesetzt wird, das heißt bei der Messung des Verhältnisses zwischen dem Pegel der Trägerwelle und dem Pegel des Rauschens. In diesem Fall wird die Bestimmung der zentralen Frequenz bzw. Mittenfrequenz  $f_c$  in der gleichen Weise wie bei der Signal/Rausch-Messung durchgeführt. Wenn die Frequenz der Trägerwelle bekannt ist, kann der Wert in diesem Fall auch von Hand als Mittenfrequenz  $f_c$  eingegeben werden. Weiterhin ist es auf der Basis der Art des zu messenden Modulationssignals generell vorgegeben, daß der Rauschpegel bei einer Rauschfrequenz  $f_N$  zu messen ist, die von der Trägerwellenfrequenz mit einem gewissen Frequenzabstand beabstandet ist. Der Frequenzabstand zwischen der Rauschfrequenz  $f_N$ , bei der der Rauschpegel gemessen wird, und der Frequenz  $f_c$  der Trägerwelle wird als ein Offset-Wert  $f_{of}$  eingegeben. In diesem Fall sind die beiden Frequenzen, deren Wellenformen anzuzeigen sind, die Frequenz  $f_c$  der Trägerwelle und die Rauschfrequenz  $f_N$  (es wird auf Fig. 2A verwiesen).

Der Frequenzbereich hat wie in dem Fall der Signal/Rausch-Messung den Wert  $3f_{of}$ . Die Festlegung von RBW, von VBW und eines Referenzpegels werden in der gleichen Weise wie im Fall der Signal/Rausch-Messung durchgeführt. Die Messung wird in der nachstehend beschriebenen Abfolge durchgeführt. Jeder der bestimmten Parameter wird in dem jeweils zugehörigen Abschnitt eingestellt, es wird ein Eingangssignal gewonnen, und der Datenpegel bzw. Datenwert  $L_c$  der Frequenz  $f_c$  der Trägerwelle und ein Datenpegel bzw. Datenwert  $L_N$  der Rauschfrequenz  $f_N$  (bei diesem Beispiel  $f_c + f_{of}$ ) werden aus dem Pufferspeicher 29 ausgelesen. Es wird dann das Verhältnis  $L_c/L_N$  dieser Datenwerte auf dem Anzeigebildschirm angezeigt. Die Anzeige der Wellenformen in der Frequenzregion wird in dieser Weise zum Beispiel gemäß der Darstellung in Fig. 2A durchgeführt.

Eine Träger/Rauschverhältnismessung eines Burstsignals oder eines Farbsynchronsignals kann ebenfalls in gleichartiger Weise wie bei der vorstehend erläuterten Signal/Störverhältnismessung eines Burstsignals dadurch bewerkstelligt werden, daß ein Abschnitt einer Burstwellenform herausgegriffen wird und die Parameter in gleichartiger Weise festgelegt werden.

Bei der Träger/Rauschverhältnismessung kann eine

14

Anzeige auf dem Anzeigebildschirm der Anzeigeeinheit 35 gemäß der Darstellung in Fig. 5B vorgenommen werden. Hierbei ist die linke Hälfte des Anzeigebildschirms als Bereich zur Anzeige des Frequenzbereichs definiert, während die rechte Hälfte als Bereich zur Anzeige des Zeitbereichs definiert ist. In dem Bereich zur Anzeige des Frequenzbereichs ist die Trägerwellenfrequenz  $f_c$  in der Mitte des Bereichs angeordnet, während die Frequenzen, die von der Trägerwellenfrequenz um den Offset-Wert  $f_{of}$  in Richtung zu höheren Frequenzen bzw. in Richtung zu niedrigeren Frequenzen beabstandet sind, an den beiden Enden des Bereichs angeordnet sind. Jedes Spektrum zwischen den beiden Endfrequenzen wird angezeigt. Dies bedeutet, daß eine Spektralwellenform angezeigt wird. In dem Bereich zur Anzeige des Zeitbereichs wird ein Rauschpegel bei einer Frequenz  $f_N$ , die von der Frequenz  $f_c$  der Trägerwelle um den Offset-Wert  $f_{of}$  in Richtung zur Seite höherer Frequenzen beabstandet ist, im Zeitbereich angezeigt.

Dies bedeutet, daß bei der Anzeige der Spektralwellenform in dem Anzeigebereich zur Anzeige des Frequenzbereichs Frequenzen eines Eingangssignals in dem Bereich von mindestens  $f_c \pm f_{of}$  gewobbeln werden, um die notwendigen Abschnitte aus den gewonnenen Daten in dem Pufferspeicher 29 herauszugreifen, und diese dann unter Heranziehung der horizontalen Achse als Frequenzachse anzuzeigen. Die Daten, die in dem Pufferspeicher 29 dadurch gewonnen wurden, daß die Schwingfrequenz des lokalen Oszillators bzw. Überlagerungsozillators 18 derart festgelegt wurde, daß die Frequenz des gewonnenen Signals gleich  $f_N = f_c + f_{of}$  ist, werden ausgelesen. Die ausgelesenen Daten werden in dem Anzeigebereich zur Anzeige des Zeitbereichs bei einer Position in der Richtung der vertikalen Achse in Übereinstimmung mit der Größe des Datenwerts angezeigt. Jede Datenposition auf der horizontalen Achse wird sequentiell nach rechts verschoben. Wenn die horizontale Datenposition das rechte Ende des Anzeigebereichs des Zeitbereichs erreicht, kehrt die Datenposition zum linken Ende zurück, und es wird der Anzeigevorgang erneut von links beginnend wiederholt. Die Datengewinnung und der Anzeigevorgang für den Anzeigebereich zur Anzeige des Frequenzbereichs und die Datengewinnung und der Anzeigevorgang für den Anzeigebereich für die Anzeige des Zeitbereichs werden abwechselnd durchgeführt.

In diesem Fall wird eine Träger/Rauschverhältnismessung dadurch bewirkt, daß  $L_c/L_N$  auf der Grundlage des maximalen Spitzenwerts  $L_c$  der Anzeige der Spektralwellenform auf der linken Seite, das heißt des Datenwerts  $L_c$  der Mittenfrequenz  $f_c$ , und eines Mittelwerts  $L_N$  der Rauschdaten in dem Anzeigebereich zur Anzeige des Zeitbereichs auf der rechten Seite berechnet wird. Danach wird C/N bzw. das Träger/Rauschverhältnis angezeigt. Die Bandbreite VBW des Tiefpaßfilters 27 ist in diesem Fall hierbei auf einen Wert eingestellt, der nahezu gleich groß ist wie die Bandbreite RBW des Bandpaßfilters 19.

Eine Anzeige bei der Signal/Störverhältnismessung kann ebenfalls gemäß der Darstellung in Fig. 5B erfolgen. In diesem Fall wird eine Spektralwellenform eines Signalabschnitts  $f_{SL} - f_{SH}$  auf der linken Hälfte des Anzeigebildschirms angezeigt. Es wird lediglich eine bestimmte Störung, zum Beispiel eine Frequenzkomponente  $f_{NH}$  empfangen und es wird die Pegeländerung der Frequenzkomponente über die Zeit hinweg auf der rechten Hälfte des Anzeigebildschirms in der vorstehend beschriebenen Weise angezeigt. In diesem Fall



## DE 196 35 890 A1

15

werden der Frequenzbereich bzw. die Frequenzspanne, der Wert von RBW und von VBW usw. unter Heranziehung des Werts der Differenz zwischen der Frequenz  $f_0$ , die den Spitzenpegelwert des Signalabschnitts  $f_{SL} - f_{SH}$  aufweist, und von  $f_{NL}$  oder  $f_{NH}$  als ein Offset-Wert  $f_{0i}$  in der vorstehend beschriebenen Weise bestimmt. In diesem Fall wird der Signalpegel  $L_S$  wie in dem zuvor erläuterten Fall der Signal/Störverhältnismessung erhalten, wohingegen der Rauschpegel  $L_N$  gemäß den nachstehenden Erläuterungen ermittelt wird. Das heißt, daß alle Datenpegelwerte (lineare Werte), die auf der rechten Hälfte des Anzeigebildschirms angezeigt werden, summiert werden, und daß der aufsummierte Wert durch die Anzahl der Daten dividiert wird. Unter der Annahme, daß dieses Divisionsergebnis  $G_{N1}$  des Störungspegels gleichmäßig über den gesamten Rauschabschnitt hinweg verteilt ist, wird der Rauschpegel  $L_N$  gemäß der nachstehend angegebenen Gleichung erhalten:

$$L_N = 10 \log G_{N1} + 10 \log ((f_{SL} - f_{NL} + f_{NH} - f_{SH}) / \text{RBW}) + 2,5.$$

Das gemessene Signal/Rauschverhältnis  $S/N$  wird durch Berechnung von  $L_S/L_N$  auf der Grundlage von  $L_N$ , das gemäß der vorstehend angegebenen Gleichung ermittelt wird, und des vorstehend angegebenen  $L_S$  ermittelt.

Wenn  $L_S$  und  $L_N$  unter Anzeige einer Spektralwellenform gemäß der Darstellung in Fig. 5A gemessen werden, wird der Meßfehler bei dem Rauschabschnitt groß, wenn der Wert von RBW groß ist und auch der Wert von VBW groß ist. Es ist daher wünschenswert, die Messung unter Verwendung eines Werts VBW durchzuführen, der so klein wie möglich gewählt ist. Demgemäß wird der Wert VBW auf  $\text{VBW} = \text{RBW}/10$  festgelegt. Wenn jedoch die Größe  $L_N$  im Zeitbereich unter Darstellung gemäß der Wiedergabe in Fig. 5B gemessen wird, sollte die Größe VBW keinen kleinen Wert aufweisen, da eine ausreichende Mittelwertbildung des Rauschens durchgeführt wird. Daher ist es besser, den Wert von VBW so groß möglich auszuwählen und die Meßzeit kurz zu machen. Von diesem Standpunkt aus, wird VBW derart ausgewählt, daß  $\text{VBW} = \text{RBW}$  ist.

Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf Fig. 8 ein Meßverfahren zur Messung einer Kreuzmodulationsverzerrung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung erläutert. Auch in diesem Fall kann dieselbe Schaltungsgestaltung, wie sie in Fig. 1 gezeigt ist, eingesetzt werden.

Bei diesem Ausführungsbeispiel ist, wie in Fig. 9 dargestellt ist, ein an den Spektralanalysator angelegter Signalpegel zum Beispiel auf  $L_v$  festgelegt (Schritt  $S_{101}$ ). Die Größe der Dämpfung durch das eingangsseitige Dämpfungsglied 16 ist auf einen anfänglichen Wert, im allgemeinen auf 0 dB (keine Dämpfung), festgelegt, und es wird die Größe  $L_3$  der Verzerrung dritter Ordnung zu diesem Zeitpunkt gemessen (Schritt  $S_{102}$ ). Danach wird die Größe der Dämpfung des eingangsseitigen Dämpfungsglieds 16 um einen infinitesimalen Stufenwert  $\delta \text{ATT}$ , zum Beispiel um 1 dB geändert, der gegenüber einer vorgegebenen Stufengröße (wird im weiteren Text erläutert) ausreichend klein ist, und es wird die Größe  $L_3'$  der Verzerrung dritter Ordnung zu diesem Zeitpunkt gemessen. Danach wird die Größenänderung gegenüber der in Schritt  $S_{102}$  gemessenen Größe  $L_3$ , das heißt die Änderung der Größe der Verzerrung dritter Ordnung  $\delta D_3 = L_3 - L_3'$ , ermittelt (Schritt  $S_{103}$ ).

16

Das eingangsseitige Dämpfungsglied 16 ist derart aufgebaut, daß die Dämpfungsgröße um 1 dB geändert werden kann.

Es wird eine Überprüfung vorgenommen, um zu ermitteln, ob die Größenänderung  $\delta D_3$  der Verzerrung dritter Ordnung zwischen  $\delta \text{ATT} - \epsilon$  und  $\delta \text{ATT} + \epsilon$  liegt (Schritt  $S_{104}$ ) ( $\epsilon$  beträgt zum Beispiel ungefähr 0,2 bis 0,3 dB). Falls die Größenänderung der Verzerrung dritter Ordnung nicht in dem vorstehend angegebenen Bereich liegt, schreitet der Ablauf zu dem Schritt  $S_{105}$  weiter und es wird der Dämpfungswert des eingangsseitigen Dämpfungsglieds 16 um eine vorbestimmte Stufengröße erhöht, zum Beispiel um 10 dB. Anschließend wird die Größe  $L_3$  der Verzerrung dritter Ordnung zu diesem Zeitpunkt gemessen und es kehrt der Ablauf zu dem Schritt  $S_{103}$  zurück, um denselben Vorgang durchzuführen. Falls jedoch bei dem Schritt  $S_{104}$   $\delta D_3$  innerhalb des Bereichs  $\delta \text{ATT} \pm \epsilon$  liegt, zeigen die Größen  $L_3$  und  $L_3'$  der Verzerrung dritter Ordnung an, daß die Verzerrungen 43 und 44 dritter Ordnung (Fig. 3) in dem Eingangssignal dominant sind. Daher wird ein Pegel  $L_1'$  der Grundwellen 41 und 42 zu diesem Zeitpunkt gemessen und es wird der Pegelunterschied zwischen dem Pegel  $L_1$  und der Größe  $L_3'$  der Verzerrung dritter Ordnung zu diesem Zeitpunkt, das heißt  $\Delta L = L_1' - L_3'$ , ermittelt (Schritt  $S_{106}$ ).

Es wird dann ein Abfangpunkt ("intercept point") aus dem Pegel  $L_1'$  der Grundwelle und der Pegeldifferenz  $\Delta L$  gemäß der nachstehend angegebenen Gleichung gebildet ( $S_{107}$ ).

$$(L_1' + (\Delta L/2), L_1' - (\Delta L/2)).$$

Die Parameterfestlegung für eine automatische Messung einer Kreuzmodulationsverzerrung wird in der gleichen Weise, wie zuvor erläutert, durchgeführt. Wenn jede Frequenz der Grundwellen 41 und 42 bekannt ist, werden diese Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  von Hand eingegeben und eingestellt. Wenn die Frequenzen der Grundwellen nicht bekannt sind, oder wenn die Frequenzen der aktuell eingespeisten Grundwellen trotz Bekanntseins der Frequenzen der Grundwellen gegenüber diesen bekannten Werten verschoben sind, wird das Eingangssignal einmal in den Pufferspeicher 29 gespeichert und es werden zwei Frequenzen, die den maximalen Pegel aufweisen, in der Datenfolge des eingegebenen Signals gesucht. Danach werden die Frequenzen als  $f_1$  und  $f_2$  definiert ( $f_1 < f_2$ ). Die Mittenfrequenz  $f_c = (f_1 + f_2)/2$  wird aus diesen Frequenzen berechnet. Danach wird  $f_c$  in dem Parameterwertspeicher 36 gespeichert.

Anschließend wird eine Frequenzspanne bzw. ein Frequenzbereich oder Frequenzhub bestimmt. In dem Fall einer Verzerrung dritter Ordnung wird der Frequenzbereich normalerweise auf das Dreifache des Frequenzunterschieds  $f_2 - f_1$  der Grundwellenfrequenzen festgelegt, so daß beide Verzerrungen 43 und 44 dritter Ordnung innerhalb des Bereichs des Anzeigebildschirms angezeigt werden können. Da es jedoch gewünscht ist, daß der gesamte Bodenbereich bzw. untere Abschnitt der Verzerrungen 43 und 44 dritter Ordnung auf dem Bildschirm angezeigt wird, wird der Frequenzbereich auf den fünffachen Wert von  $(f_2 - f_1)$  festgelegt. Dieser Frequenzbereich wird ebenfalls in dem Parameterwertspeicher 36 gespeichert.

Anschließend wird eine Durchlaßbandbreite RBW für die Bandpaßfilter 19 und 24 bestimmt. Die Bandbreite RBW wird derart festgelegt, daß jedes Spektrum der

## DE 196 35 890 A1

17

Grundwellen 41, 42 und der Verzerrungen 43, 44 dritter Ordnung, zum Beispiel ein unterer Abschnitt des Signals 41, die Spitze der benachbarten Spektren nicht beeinflusst, das heißt, daß im Fall des Signals 41 die Signale 42 und 43 nicht beeinflusst werden. Die Bandbreite RBW wird an Ort und Stelle bzw. sofort in der gleichen Weise, wie zuvor erläutert, anhand von Fig. 6 bestimmt, in der die voneinander abhängigen Eigenschaften zwischen dem dynamischen Bereich und dem Frequenzabstand von benachbarten Trägerwellen ( $f_2 - f_1$ ) (Offset-Frequenz  $f_{of}$ ) dargestellt sind.

Der sich nachfolgend anschließende Ablauf ist der gleiche wie im Fall der Messung des Signal/Rauschverhältnisses.

Nach der Bestimmung der verschiedenen Parameter beim Schritt  $S_{102}$  in Fig. 9 wird jeder der Parameter, wie etwa die Mittenfrequenz  $f_c$  für die Anzeige, die Frequenzspanne bzw. der Frequenzbereich, der Wert RBW, und der Wert VBW und ein Referenzpegel usw. in dem jeweils zugehörigen Abschnitt unter Steuerung durch den Steuerabschnitt 31 eingestellt. Weiterhin wird eine Wobbelzeit  $T$ , durch eine Berechnung gemäß der Gleichung: Frequenzspanne (Hz)/RBW(Hz)  $\times$  min(RBW, VBW) (Hz)  $\times$  0,5 (sec) ermittelt und eingestellt. Der Ausdruck min(RBW, VBW) repräsentiert den kleineren Wert von RBW und VBW. Anschließend wird die Verarbeitung gemäß dem Schritt  $S_{103}$  und den nachfolgenden, in Fig. 9 gezeigten Schritten durchgeführt. Jede mit diesem Prozeß verknüpfte Messung wird durchgeführt, indem jedes Mal die notwendigen Daten in dem Pufferspeicher 29 gewonnen werden.

Die vorliegende Erfindung kann auch bei einer Messung einer Verzerrung fünfter Ordnung oder einer Verzerrung siebter Ordnung usw. eingesetzt werden. Hinsichtlich einer Verzerrung fünfter Ordnung und einer Verzerrung siebter Ordnung ändern sich die Pegel dieser Verzerrungen jeweils um das Fünffache bzw. das Siebenfache der Pegeländerung des Eingangssignals. Bei der Messung dieser Signale mit Hilfe eines Spektralanalysators kann die Frequenzspanne bzw. der Frequenzhub des Spektralanalysators auf das Siebenfache bzw. auf das Neunfache des Frequenzunterschieds  $f_2 - f_1$  der Grundwellenfrequenzen eingestellt werden. Abfangpunkte ("intercept points") sind  $(I_0 + (\Delta L/4))$ ,  $I_p + (\Delta L/4)$  bzw.  $(I_0 + (\Delta L/6))$ ,  $I_p + (\Delta L/6)$ , wobei  $I_0$  gleich  $I_p$  ist.

Bei der Messung mit Hilfe eines Spektralanalysators werden, wie in Fig. 10 gezeigt ist, zunächst die Einstellung einer Meßart wie etwa einer Signal/Rauschverhältnismessung, einer Träger/Rauschverhältnismessung oder einer Messung der Kreuzmodulationsverzerrung, und eine Einstellung eines Modus wie etwa der Messung eines kontinuierlichen Signals oder der Messung eines Burstsignals vorgenommen (Schritt  $S_{201}$ ). Wenn ein Burstsignal (Burstwelle) gemessen wird, wird ein zeitliches Tor für die Gewinnung der Daten festgelegt (Schritt  $S_{202}$ ). Bei der Messung eines kontinuierlichen Signals wird kein zeitliches Tor eingestellt. Anschließend werden eine Trägerwellenfrequenz, eine Modulationsart oder jede zu messende Frequenz eingestellt (Schritt  $S_{203}$ ). Weiterhin werden eine Offset-Frequenz bzw. ein Frequenzabstand  $f_{of}$ , das heißt zwei Frequenzen einer Anzeigewellenform, festgelegt (Schritt  $S_{204}$ ). Der Ablauf verzweigt sich dann in Abhängigkeit von der Anzeigebetriebsart auf zwei Pfade, wobei bei der einen Anzeigebetriebsart lediglich eine Spektralwellenform auf dem gesamten Anzeigebildschirm angezeigt wird und in der anderen Anzeigebetriebsart eine Spek-

18

tralwellenform und eine Anzeige eines Zeitbereichs Seite an Seite dargestellt werden. Wenn lediglich die Spektralwellenform angezeigt wird, werden die Parameter wie etwa der Wert von RBW, der Wert von VBW, die Mittenfrequenz  $f_c$ , der Referenzpegel und der Frequenzbereich usw. bestimmt, und es werden diese bestimmten Parameter in den jeweiligen Abschnitten eingestellt (Schritt  $S_{205}$ ). Dies bedeutet, daß die Schritte  $S_2$  bis  $S_9$ , die in Fig. 7 gezeigt sind, durchgeführt werden. Anschließend werden die Datengewinnung, die Berechnung der Messung und der Anzeigevorgang durchgeführt (Schritt  $S_{206}$ ). Wenn eine Anzeige sowohl der Spektralwellenform als auch des Zeitbereichs durchgeführt wird, werden die Parameter für die Anzeige der Spektralwellenform, wie etwa der Wert von RBW, der Wert von VBW, die Mittenfrequenz  $f_c$ , der Frequenzbereich und der Referenzpegel usw. bestimmt, und es werden diese bestimmten Parameter in den jeweiligen Abschnitten eingestellt (Schritt  $S_{207}$ ). Anschließend erfolgt eine Datengewinnung auf der Grundlage dieser Einstellung (Schritt  $S_{208}$ ). Nachfolgend werden die Parameter für die Anzeige des Zeitbereichs wie etwa die Mittenfrequenz, die Frequenzspanne (Frequenzbereich), der Wert RBW, der Wert von VBW und der Referenzpegel usw. bestimmt, und es werden diese bestimmten Parameter in den jeweiligen Abschnitten eingestellt (Schritt  $S_{209}$ ). In diesem Fall beträgt die Mittenfrequenz  $f_c + f_{of}$  (zu messende Rauschfrequenz), und die Frequenzspanne ist gleich null (kein Wobbeln). Auf der Grundlage dieser Einstellung wird eine Datengewinnung durchgeführt (Schritt  $S_{210}$ ). Die Daten, die bei den Schritten  $S_{208}$  und  $S_{210}$  gewonnen werden, werden jeweils in der Spektralwellenform und der Anzeige des Zeitbereichs dargestellt und für die Meßberechnung herangezogen (Schritt  $S_{211}$ ).

Die vorstehend erläutert, werden in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung verschiedene Parameter des Spektralanalysators automatisch festgelegt. Insbesondere wird die Bandbreite RBW automatisch bestimmt. Verglichen mit dem herkömmlichen Fall, bei dem diese Parameter durch Versuch und Irrtum ermittelt werden, kann daher die Bestimmung in einem kurzen Zeitintervall vorgenommen werden und der Benutzer muß keine mühsamen Vorgänge durchführen. Darüberhinaus kann die Messung eines Signal/Rauschverhältnisses unter Einsatz eines Spektralanalysators durchgeführt werden.

Darüber hinaus werden in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung eine Störungs- bzw. Rauschmessung und eine Rauschanzeige im Zeitbereich durchgeführt und es werden die Rauschdaten aufsummiert und einer Mittelwertbildung unterzogen. Daher kann die Änderung des Rauschpegels über die Zeit hinweg gut beobachtet werden und es läßt sich der durchschnittliche Rauschpegel intuitiv verstehen. Wie bei dem herkömmlichen System ist es nicht notwendig, das Signal in dem Tiefpaßfilter 27 zu integrieren, so daß der angezeigte Rauschpegel keinen Schwankungen unterworfen wird. Weiterhin kann die Bandbreite VBW des Tiefpaßfilters 27 gleich groß wie der Wert RBW gemacht werden und es kann folglich die Meßzeit (Wobbelzeit) beträchtlich auf beispielsweise ein Zehntel der Meßzeit beim herkömmlichen Fall verringert werden.

Wenn in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung die Größe der eingangsseitigen Dämpfung um einen infinitesimalen bzw. sehr kleinen Wert geändert wird und der Größenunterschied der Kreuzmodulationsverzerrung hinsichtlich des Werts der Kreuzmodu-

DE 196 35 890 A1

19

lationsverzerrung vor der Änderung der Dämpfungsgröße, und dem Wert der Kreuzmodulationsverzerrung nach der Änderung der Dämpfungsgröße im wesentlichen gleich null ist, kann ferner die Größe der Kreuzmodulationsverzerrung zu diesem Zeitpunkt ermittelt werden. Selbst eine relativ kleine Größe der Kreuzmodulationsverzerrung kann daher zuverlässig erfaßt werden. Demgemäß kann ein Abfangpunkt ("intercept point") selbst dann ermittelt werden, wenn die Größe der Kreuzmodulationsverzerrung gering ist.

Ferner kann eine geeignete Bandbreite RBW automatisch festgelegt werden. Die Arbeitsbelastung bezüglich der Wiederholung der Festlegung der Bandbreite RBW durch Versuch und Irrtum solange, bis vier Spitzen klar erscheinen, kann beseitigt werden, und es kann folglich die Messung in kurzer Zeit ausgeführt werden.

#### Patentansprüche

1. Meßverfahren, bei dem ein Spektralanalysator zur Anzeige einer Wellenform in einem Frequenzbereich eingesetzt wird, mit den Schritten:  
aus einem Frequenzintervall der anzuzeigenden Wellenform wird eine Durchlaßbandbreite RBW eines Bandpaßfilters (19, 24) zum Herausgreifen eines frequenzgewandelten Signals in dem Spektralanalysator (15) derart festgelegt, daß eine beziehungsmaßige Charakteristik zwischen einem Frequenzintervall einer anzuzeigenden Wellenform und einem Rauschpegel oder einem dynamischen Bereich erfüllt ist, wobei die beziehungsmaßige Charakteristik als Parameter die Durchlaßbandbreite RBW enthält, und die ermittelte Durchlaßbandbreite RBW wird automatisch in dem Bandpaßfilter eingestellt.
2. Meßverfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die Schritte:  
Festlegen einer Bandbreite VBW eines Tiefpaßfilters (27), durch das ein Demodulator-Ausgangssignal in dem Spektralanalysator (15) durchgeleitet wird, auf RBW/10, und automatisches Einstellen der festgelegten Bandbreite VBW in dem Tiefpaßfilter.
3. Meßverfahren nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch den Schritt:  
Festlegen einer Frequenzspanne auf das Dreifache des Frequenzintervalls.
4. Meßverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch den Schritt:  
Ermitteln einer Frequenz, die den maximalen Spitzenpegel eines Eingangssignals aufweist, und Bestimmen dieser Frequenz als die mittlere Anzeigefrequenz.
5. Meßverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Messung des Signal/Rauschverhältnisses der Abstand zwischen einer Mittelfrequenz eines Signalabschnitts und einer Endfrequenz eines Rauschabschnitts als das Frequenzintervall festgelegt wird.
6. Meßverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein arithmetischer Mittelwert einer Vielzahl von Daten zwischen einer maximalen Frequenz und einer minimalen Frequenz eines Signalabschnitts in einem Ausgangssignal eines Tiefpaßfilters (27), durch das ein Demodulator-Ausgangssignal in dem Spektralanalysator hindurchläuft, gebildet wird, und daß ein Signalpegel  $L_s$  unter der Annahme, daß die Mittel-

20

wertdaten gleichförmig in dem Band des Signalabschnitts verteilt sind, gebildet wird, daß dann ein arithmetischer Mittelwert einer Vielzahl von Daten in einem Rauschabschnitt ermittelt wird und ein Rauschpegel  $L_N$  unter der Annahme erhalten wird, daß die Mittelwertdaten gleichförmig in dem Rauschabschnitt verteilt sind, und daß schließlich  $L_s/L_N$  berechnet und das Rechenergebnis als Signal/Störverhältnis S/N angezeigt wird.

7. Meßverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem bei einer Messung des Träger/Rauschverhältnisses ein Abstand zwischen einer Trägerwellenfrequenz eines Eingangssignals und einer zu messenden Rauschfrequenz als das Frequenzintervall bestimmt wird.

8. Meßverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Messung der Kreuzmodulationsverzerrung ein Unterschied zwischen einer Frequenz einer Grundwelle eines Eingangssignals und einer Frequenz einer der Grundwelle benachbarten durch Kreuzmodulationsverzerrung hervorgerufenen Welle als das Frequenzintervall bestimmt wird.

9. Meßverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein dynamischer Bereich eines Eingangssignals kleiner ist als der dynamische Bereich, der durch eine Grenze bestimmt ist, bei der eine Verzerrung und ein Störsignal, die in dem Spektralanalysator erzeugt werden, vernachlässigbar sind, und auch kleiner ist als eine dynamische Bereichsgrenze, die durch einen Rauschpegel und einen maximalen Eingangssignalpegel bestimmt ist.

10. Unter Einsatz eines Spektralanalysators durchgeführtes Meßverfahren, dadurch gekennzeichnet, daß eine Spektralwellenform eines Eingangssignals auf einer Hälfte eines Anzeigebildschirms (35) angezeigt wird und daß ein Rauschpegel bei einer Frequenz, die mit dem Eingangssignal verknüpft ist, im Zeitbereich auf der anderen Hälfte des Anzeigebildschirms dargestellt wird.

11. Meßverfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 3 bis 10, soweit nicht auf Anspruch 2 zurückbezogen, dadurch gekennzeichnet, daß die Bandbreite VBW eines Tiefpaßfilters (27) durch das ein Demodulator-Ausgangssignal in dem Spektralanalysator (15) hindurchgeht, im wesentlichen gleich groß ist wie die Bandbreite RBW des Bandpaßfilters zum Herausgreifen des frequenzgewandelten Signals in dem Spektralanalysator (15).

12. Meßverfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein Datenwert  $L_c$  eines Trägerwellenabschnitts in der Spektralwellenform-Anzeige ermittelt wird, daß ein Mittelwert  $L_N$  der Daten in der Zeitbereich-Anzeige gebildet wird, und daß dann  $L_c/L_N$  berechnet und als Träger/Rauschverhältnis C/N angezeigt wird.

13. Meßverfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein Mittelwert der Daten eines Signalabschnitts in der Spektralwellenform-Anzeige ermittelt wird und ein Signalpegel  $L_s$  unter der Annahme, daß die Mittelwertdaten gleichförmig in dem gesamten Band des Signalabschnitts verteilt sind, gebildet wird, und daß anschließend ein Mittelwert von Daten in der Zeitbereichs-Anzeige gebildet und ein Rauschpegel  $L_N$  unter der Annahme ermittelt wird, daß die Mittelwertdaten gleichförmig in dem gesamten Band ei-

DE 196 35 890 A1

21

22

nes Rauschabschnitts verteilt sind, und daß anschließend  $L_S/L_N$  berechnet und als Signal/Rauschverhältnis  $S/N$  angezeigt wird.

14. Meßverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem dann, wenn das Eingangssignal eine Burstwelle ist, ein bestimmter Abschnitt der Burstwelle durch ein Torsteuersignal aus einem Demodulator-Ausgangssignal in dem Spektralanalysator für eine Verwendung bei einer Wellenform-Darstellung herausgegriffen wird, und ein Wert, der im wesentlichen gleich groß ist wie der invertierte Wert der Bandbreite des Torsteuersignals, die Bandbreite (VBW) eines Tiefpaßfilters bildet, durch das das Demodulator-Ausgangssignal hindurchgeleitet wird.

15. Meßverfahren, bei dem ein Spektralanalysator (15) zur Anzeige einer Wellenform in einem Frequenzbereich eingesetzt wird, mit

einem ersten Schritt, bei dem die Größe einer Kreuzmodulationsverzerrung gemessen wird, wenn die Größe einer eingangsseitigen Dämpfung um einen vorbestimmten Wert erhöht wird, einem zweiten Schritt, bei dem die Größe einer Kreuzmodulationsverzerrung gemessen wird, wenn die Größe der eingangsseitigen Dämpfung um einen infinitesimalen bzw. um einen sehr kleinen Wert geändert wird, der ausreichend kleiner als der vorbestimmte Wert ist,

einem dritten Schritt, bei dem der Differenzwert zwischen der bei dem ersten Schritt gemessenen Größe der Kreuzmodulationsverzerrung und der bei dem zweiten Schritt gemessenen Größe der Kreuzmodulationsverzerrung ermittelt wird, einem vierten Schritt, bei dem der erste bis dritte Schritt so lange wiederholt werden, bis der Differenzwert gleich groß wie oder kleiner als ein vorbestimmter Wert wird, und

einem fünften Schritt, bei dem dann, wenn der Differenzwert gleich groß wie oder kleiner als der vorbestimmte Wert ist, eine hierbei gemessene Kreuzmodulationsverzerrung als die Kreuzmodulationsverzerrung in einem Eingangssignal bestimmt wird.

16. Meßverfahren nach Anspruch 15, gekennzeichnet durch

einen sechsten Schritt, bei dem ein Grundwellenpegel bei der beim fünften Schritt erhaltenen Größe der Kreuzmodulationsverzerrung gemessen wird, und

einen siebten Schritt, bei dem ein Schnittpunkt zwischen einer auf der Änderung des Grundwellenpegels basierenden, geraden Linie, die die Kennlinie der Änderung der Größe der Kreuzmodulationsverzerrung repräsentiert, und einer geraden Linie, die eine Kennlinie bezüglich der Änderung des Ausgangspegels der Grundwelle bezüglich einer Änderung des Eingangspegels der Grundwelle repräsentiert, ermittelt wird, wobei die gerade Linie, die die Kennlinie der Änderung der Größe der Kreuzmodulationsverzerrung repräsentiert, durch die bei dem fünften Schritt erhaltene Kreuzmodulationsverzerrung hindurchgeht, und die gerade Linie, die die Kennlinie der Änderung des Ausgangspegels der Grundwelle repräsentiert, durch den bei dem sechsten Schritt erhaltenen Grundwellenpegel verläuft, und wobei der Schnittpunkt Abfangpunkt (intercept point) festgelegt wird.

---

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

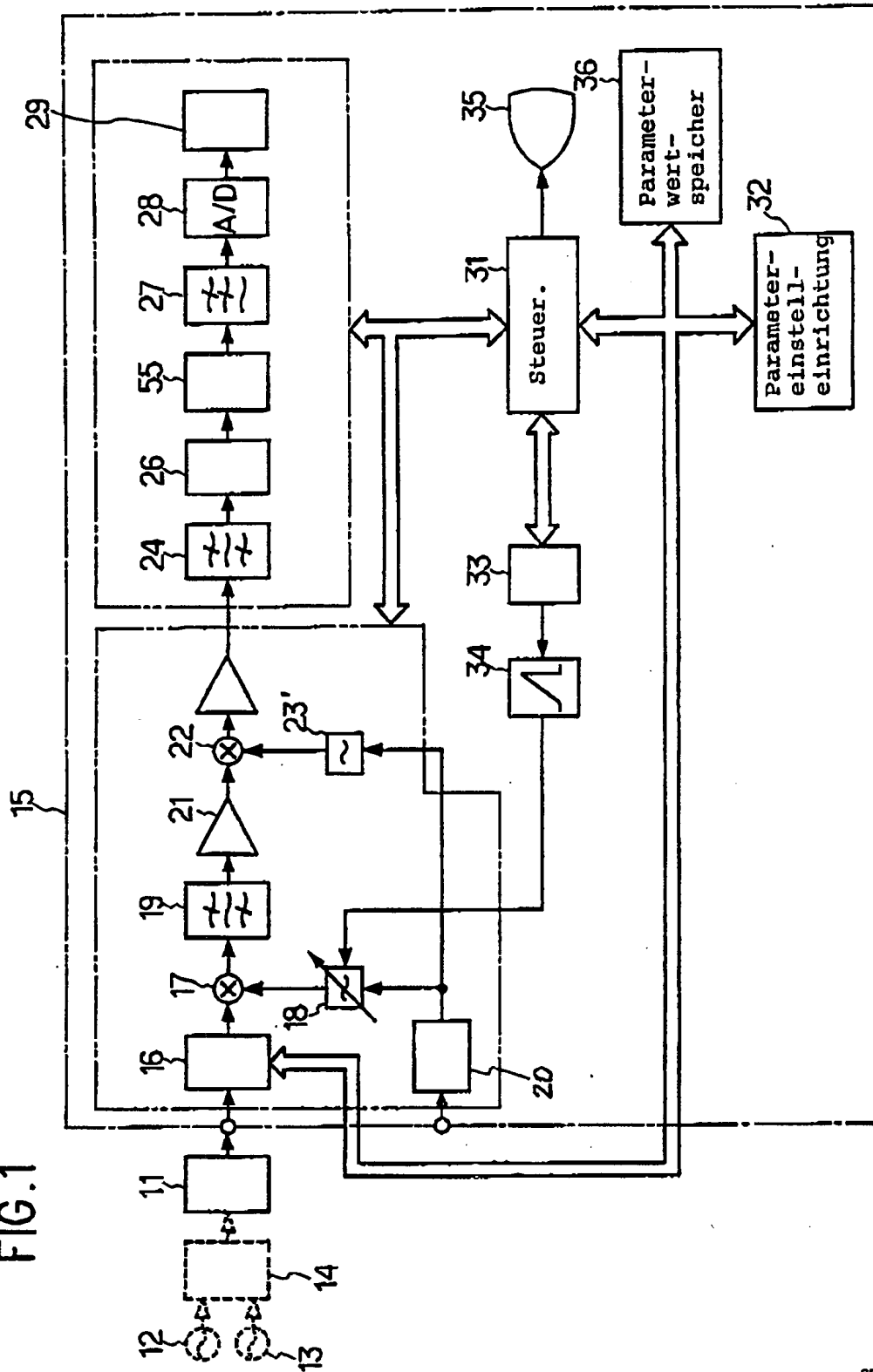
---

ZEICHNUNGEN BETTE 1

Nummer:  
Int. Cl.®:  
Offenlegungstag:

DE 198 35 890 A1  
G 01 R 23/16  
13. März 1997

FIG. 1



ZEICHNUNGEN SEITE 2

Nummer:  
Int. Cl. 6:  
Offenlegungstag:

DE 198 35 890 A1  
G 01 R 23/16  
13. März 1997

FIG. 2A

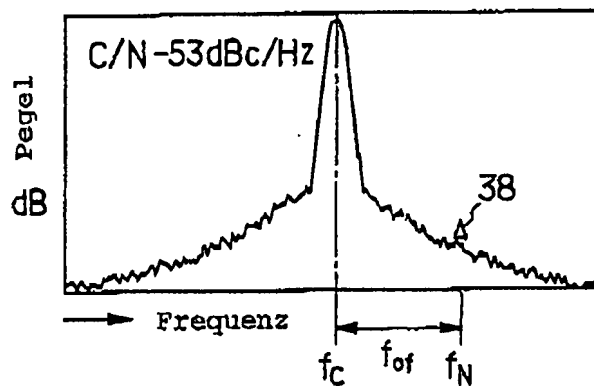


FIG. 2B

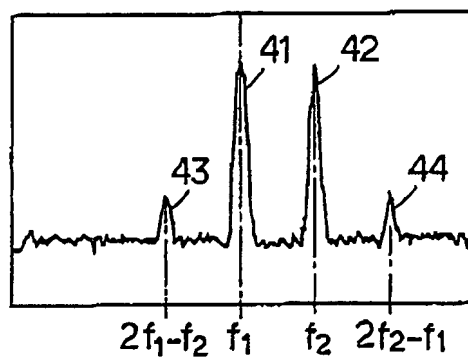


FIG. 3A

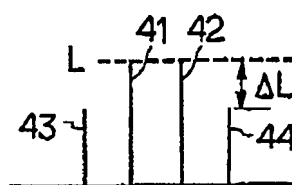
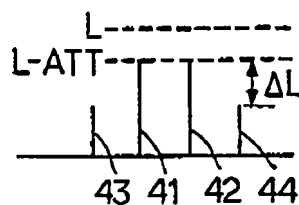


FIG. 3B



ZEICHNUNGEN SEITE 3

Nummer:  
Int. Cl. 6:  
Offenlegungstag:

DE 196 35 890 A1  
G 01 R 23/16  
13. März 1997

FIG. 4A

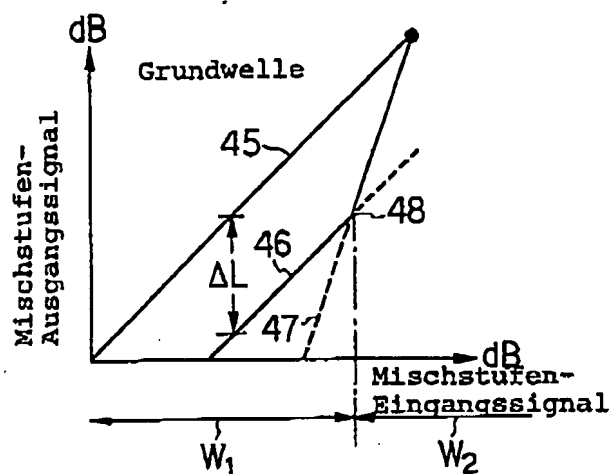


FIG. 4B

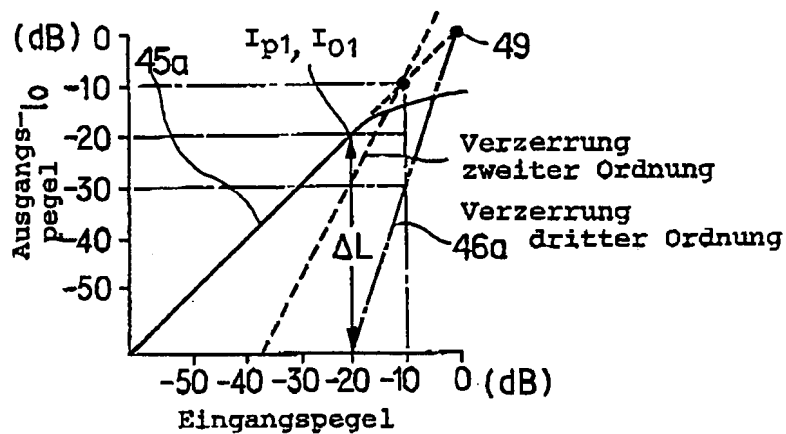
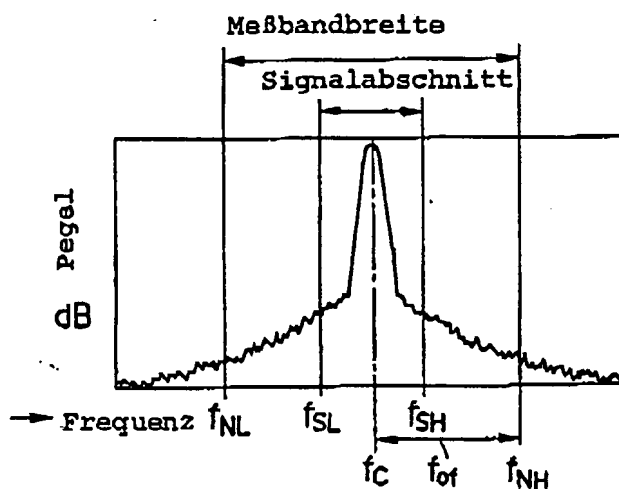


FIG. 5A





ZEICHNUNGEN SEITE 4

Nummer:  
Int. Cl. 8:  
Offenlegungstag:

DE 196 35 890 A1  
G 01 R 23/16  
13. März 1997

FIG. 5B

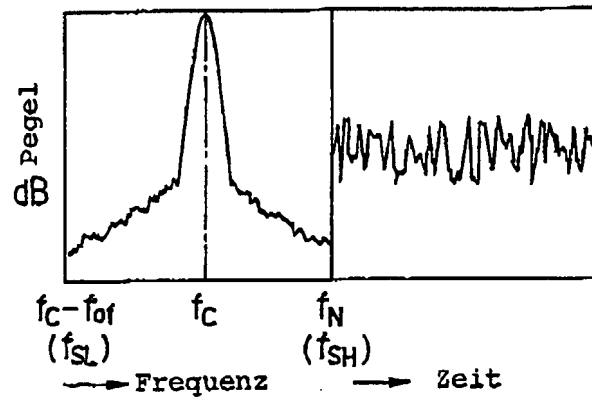


FIG. 6A

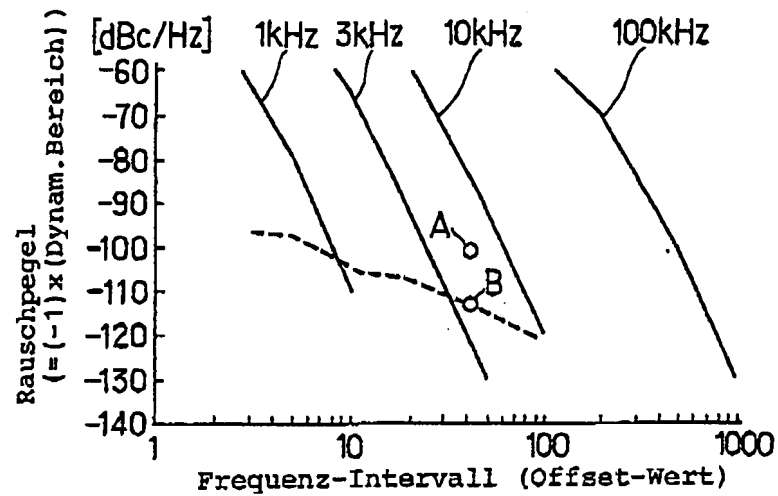
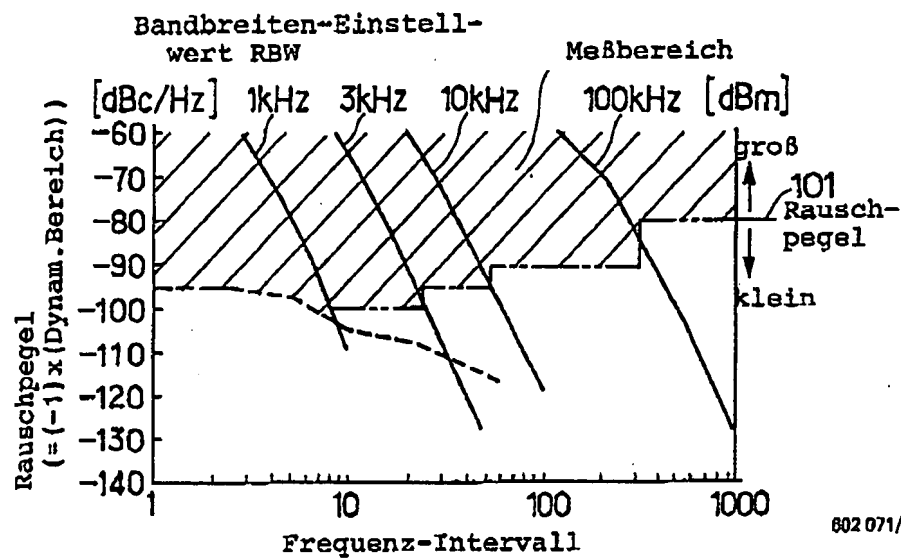


FIG. 6B



802 071/549

ZEICHNUNGEN SETTE 5

Nummer:  
Int. Cl.<sup>8</sup>:  
Offenlegungstag:

DE 196 35 890 A1  
G 01 R 23/16  
13. März 1997

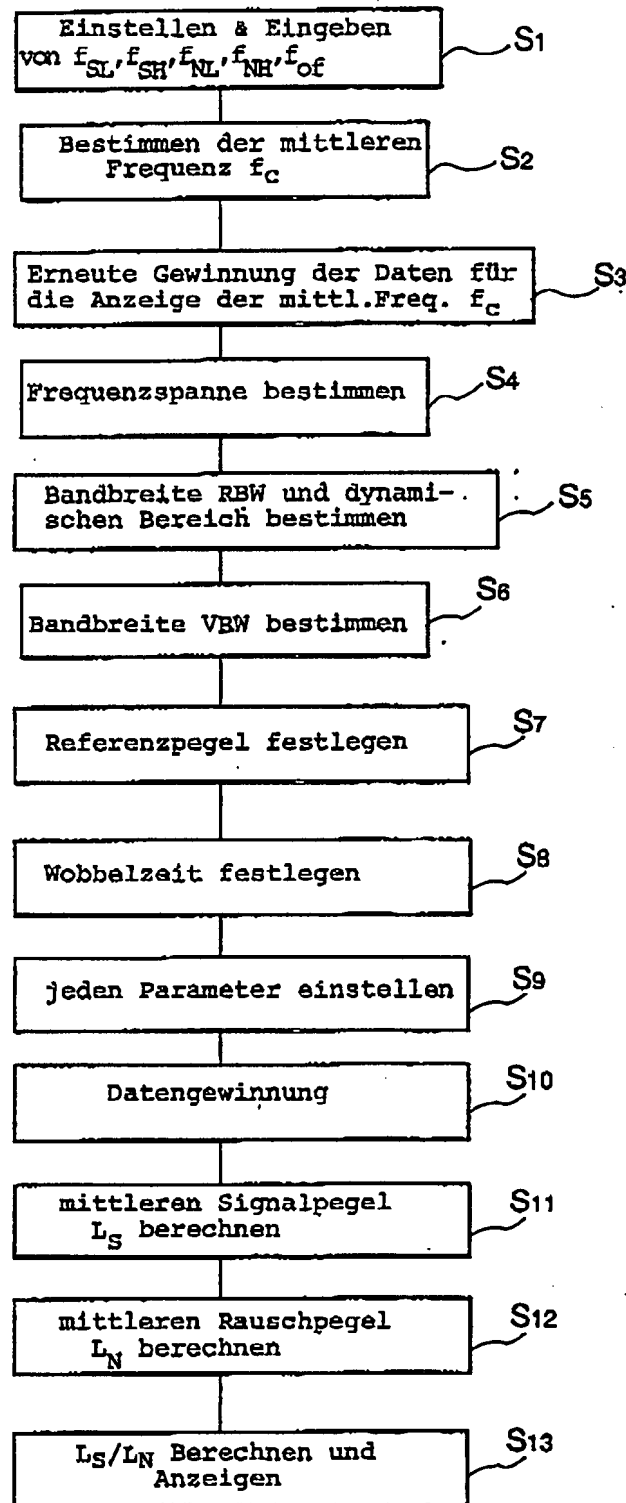
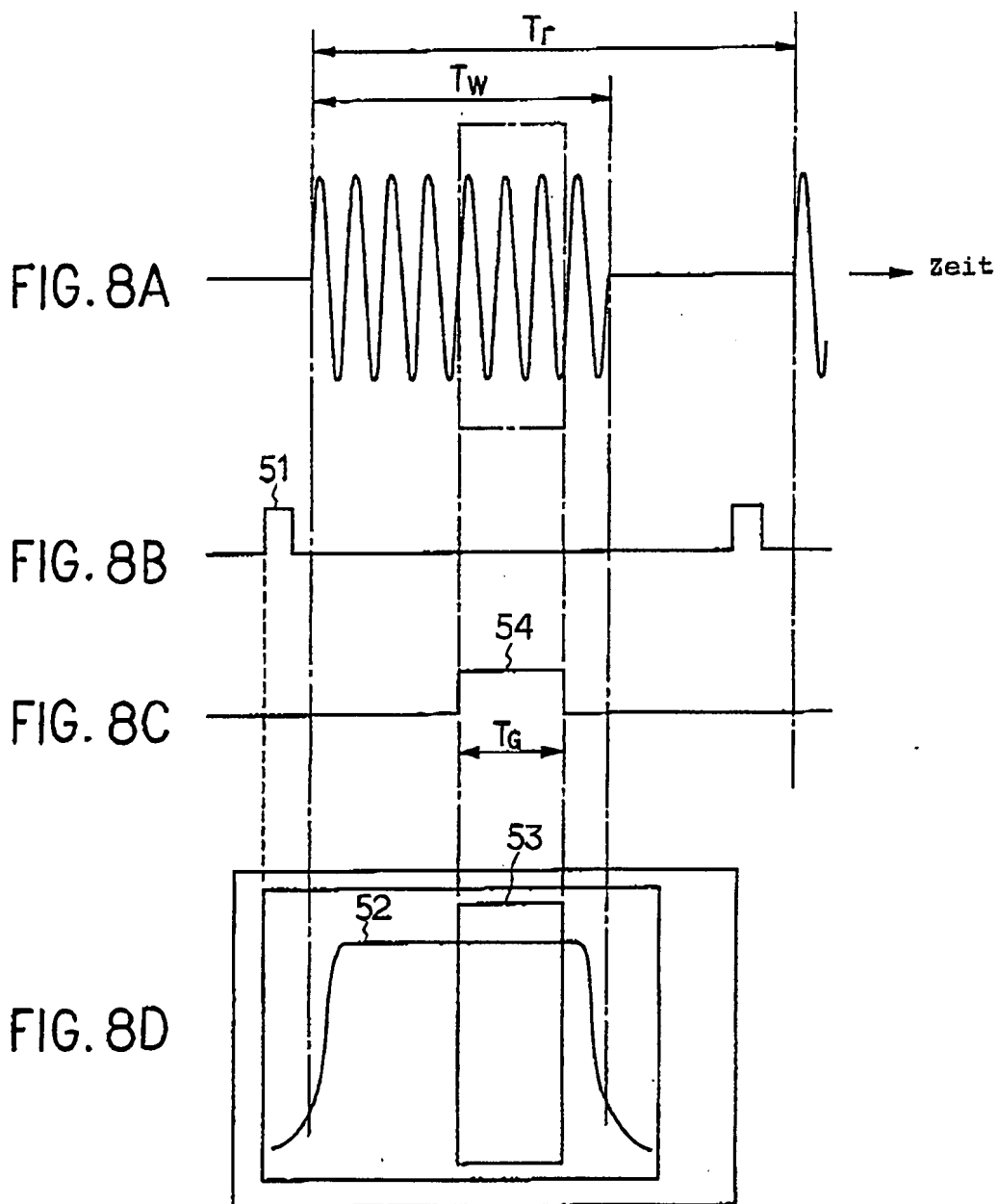


FIG. 7

ZEICHNUNGEN SEITE 8

Nummer:  
Int. Cl. 6:  
Offenlegungstag:

DE 198 35 890 A1  
G 01 R 23/16  
13. März 1997



ZEICHNUNGEN SEITE 7

Nummer:  
Int. Cl. 8:  
Offenlegungstag:

DE 196 35 890 A1  
G 01 R 23/16  
13. März 1997

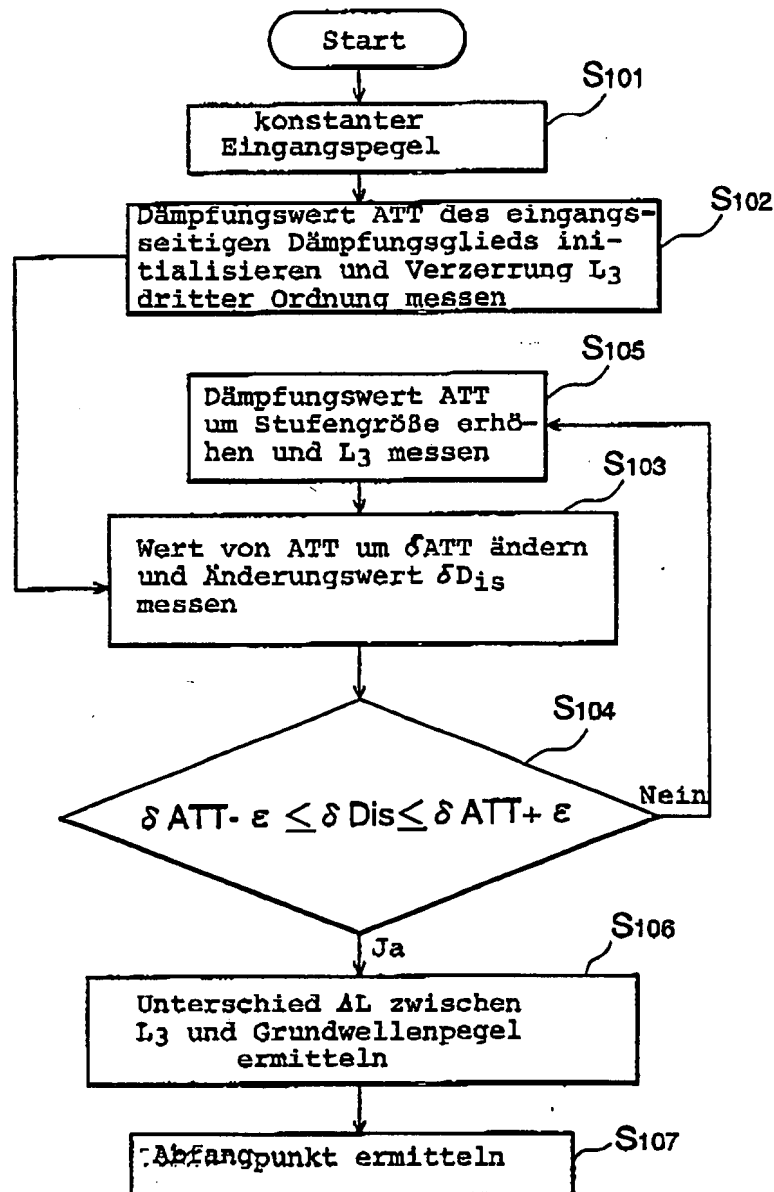


FIG. 9

ZEICHNUNGEN SEITE 8

Nummer:  
Int. Cl.®:  
Offenlegungstag:

DE 196 35 890 A1  
G 01 R 23/16  
13. März 1997

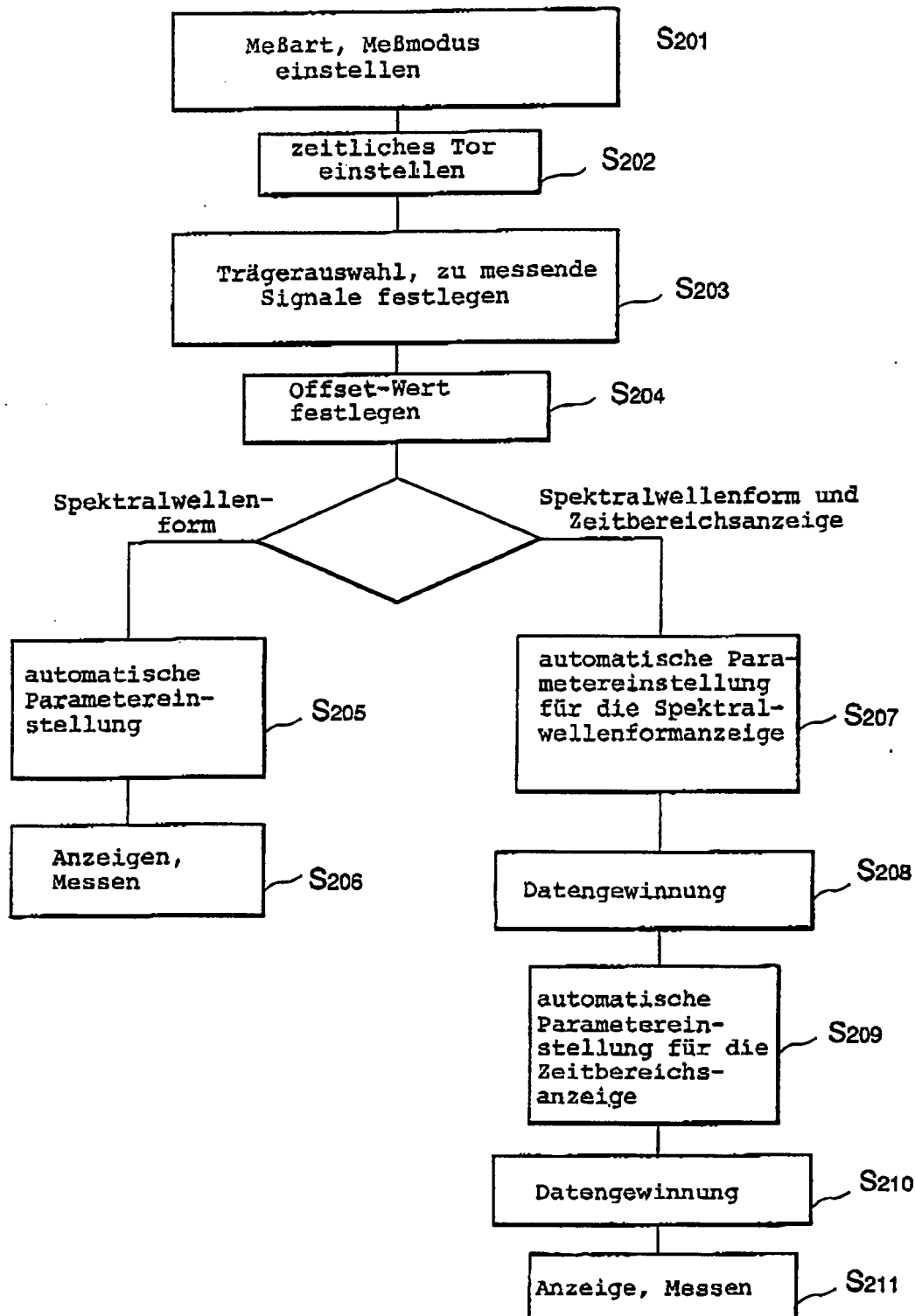


FIG. 10